# Der Civilingenieur.

**Neue Folge. Zehnter Band.**

Der

# Civilingenieur.

## Zeitschrift für das Ingenieurwesen.

Unter besonderer Mitwirkung von

Dr. **Julius Weisbach**,
K. S. Bergrath, Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg, Mitglied d. K. Russ. Akademie der Wiss. zu St. Petersburg,

Dr. **Gustav Zeuner**,
Professor am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich,

**W. Tauberth**,
Betriebsoberinspector an der K. S.-Böhmischen Staatseisenbahn zu Dresden,

**A. Hallbauer**,
Directionsrath bei den K. S. westlichen Staatseisenbahnen zu Leipzig,

und

**F. Nowotny**,
Obermaschinenmeister bei den K. S. westlichen Staatseisenbahnen zu Leipzig,

herausgegeben

von

**K. R. Bornemann**,
Kunstmeister zu Freiberg

---

Neue Folge. Zehnter Band.

Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und 28 Tafeln Abbildungen.

Leipzig,
Verlag von Arthur Felix.
1864.

# Inhaltsverzeichniß des zehnten Bandes.

## I. Sachregister.

[Die Zahlen zeigen die Seitenzahlen an; (m. A.) bedeutet mit Abbildungen auf den lithographirten Tafeln; (m. H.) mit eingedruckten Holzschnitten.]

# II. Namenregister.

# III. Register über die Abbildungen.

# Die verschiedenen Methoden der Versuche über den Ausfluß des Wassers unter constantem Drucke.

Vom

Bergrath, Prof. Dr. Jul. Weisbach.

(Hierzu Tafel 1.)

---

§. 1. Wenn es darauf ankommt, die Gesetze des Ausflusses des Wassers zu prüfen, und die bei verschiedenen Ausflußapparaten vorkommenden Störungen im Ausflusse kennen zu lernen, sowie die dieselben messenden Ausflußcoefficienten zu ermitteln, kann man entweder

1) Versuche unter constantem, oder

2) solche unter veränderlichem, und zwar in der Regel unter allmälig abnehmendem Drucke anstellen. Letztere haben den großen Vorzug, daß bei denselben das Wasser im Ausflußreservoir vor seinem Ausflusse fast in Ruhe ist und keine inneren unregelmäßigen Strömungen hat, wenn der Querschnitt desselben hinreichend, d. i. mindestens 1000mal so groß ist, als der Querschnitt der Ausflußmündung. Wenn man ferner bei diesen Versuchen den Wasserspiegel in einem genau prismatischen Raume sinken läßt, so haben dieselben noch den Vorzug einer großen Einfachheit in der Ausführung. Die Berechnung des Ausflußcoefficienten $\mu$ aus der beobachteten Zeit t, in welcher der Wasserspiegel um eine gewisse Höhe $s = h_1 - h_2$ sinkt, ist nach der bekannten Formel

$$\mu = \frac{2G(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{Ft\sqrt{2g}}$$

zu vollziehen, in welcher G den Inhalt des sinkenden Wasserspiegels, F den Inhalt des Mündungsquerschnittes, sowie $h_1$ und $h_2$ die Druckhöhen am Anfang und Ende des Versuches, und, wie gewöhnlich, g das Beschleunigungsmaaß der Schwere bezeichnen. Ist der Flächenraum G nicht ganz constant, oder nicht genau auszumitteln, so hat man dagegen die Formel

$$\mu = \frac{V}{Ft\sqrt{2gz}},$$

in welcher V das in einem besonderen Aichgefäß zu messende Ausflußquantum, und z die mittlere Druckhöhe

$$\left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2$$

bezeichnen, anzuwenden. Die erstere Methode der Bestimmung von Ausflußcoefficienten verschiedener Mundstücke habe ich vielfach bei Versuchen im Großen und Kleinen angewendet, und bringe ich auch noch bei den mit meinen Vorträgen über Hydraulik verbundenen Experimenten vorzugsweise zur Anwendung. [Siehe des Verfassers Experimental-hydraulik, Freiberg bei Engelhardt (jetzt Leipzig bei Arthur Felix) 1855.] Der zweiten Methode dagegen habe ich mich bei Versuchen über den Ausfluß des Wassers unter sehr kleinem Drucke bedient, deren Resultate ehestens in einem besonderen Aufsatze in dieser Zeitschrift bekannt gemacht werden sollen.

§. 2. Ausflußversuche bei constantem Wasserstande sind auf sehr verschiedene Weisen ausgeführt worden. Der rühmlichst bekannte Experimentator J. Smeaton bediente sich bei seinen Versuchen über die Leistung eines kleinen unterschlägigen Wasserrades im Schnurgerinne, zur Erhaltung eines constanten Aufschlages, einer Handpumpe, durch welche das verbrauchte Wasser in das Ausflußreservoir zurückgedrückt wurde, wobei es natürlich nur darauf ankam, das Pumpenspiel so zu reguliren, daß der Wasserspiegel im Ausfluß- oder Aufschlagreservoir immer auf einer und derselben Höhe erhalten wurde. Der Verfasser des Traité de Mécanique industrielle, Herr Christian, wendete bei seinen Versuchen über die Leistung eines kleinen Kropfrades zur Erhaltung eines constanten Druckes eine belastete und an einem Seile aufgehangene Tonne an, welche er in das

Wasser des Aufschlagreservoirs eintauchen und mit einer solchen Geschwindigkeit darin niedersinken ließ, daß trotz des Ausflusses, die freie Oberfläche des Wassers auf einer und derselben Höhe stehen blieb.

Einen dritten Ausflußapparat mit constantem Niveau hat der Akademiker Prony construiren lassen. Hier wird das ausfließende Wasser in einem Gefäße aufgefangen, welches an zwei, auf dem Wasser im Ausflußgefäß schwimmenden, parallelepipedischen Blechkästen aufgehangen ist. Da das Gewicht des von einem schwimmenden Körper verdrängten Wassers gleich dem Auftrieb des letzteren gegen den ersteren ist, so folgt, daß hier das Volumen des ausgeflossenen Wassers in jedem Augenblicke gleich ist dem Volumen des verdrängten Wassers, und daß folglich der Wasserspiegel im Ausflußgefäß während des Ausflusses seinen Stand nicht ändert. In Folge des Wasserstoßes wird jedoch diese Beständigkeit etwas alterirt; es ist wenigstens das ausfließende Wasser so in das aufgehangene Gefäß zu leiten, daß es daselbst einen möglichst kleinen Stoß ausüben kann.

Hachette beschreibt in seinem Traité élémentaire des Machines einen andern Apparat, welchen er bei einigen Versuchen über den Ausfluß des Wassers, unter constantem Druck angestellt hat. Der wesentliche Theil dieses Apparates besteht in einem Gefäße mit einer durch den Boden desselben gehenden verschiebbaren Röhre. Das Wasser, welches die Ausflußmündung, deren Coefficient ermittelt werden soll, nicht abträgt, tritt in das obere Ende der angegebenen Röhre, und fließt durch dieselbe besonders ab. Ist nun die Weite dieser Röhre bedeutend größer, als die der Ausflußmündung, so wird bei einer mäßigen Veränderlichkeit in der Menge des zufließenden Wassers, der Wasserspiegel im Ausflußreservoir nahe über der Einmündung der vertikalen Abflußröhre einen ziemlich constanten Stand behalten. Jedenfalls ist unter diesen verschiedenen Methoden, einen constanten Druck oder eine constante Ausflußgeschwindigkeit zu erzeugen, die letztere die einfachste und vorzüglichste, zumal da durch Stellung der Abflußröhre leicht verschiedene Druckhöhen hergestellt werden können. Uebrigens erfordern alle eine besondere Bestimmung der Ausflußmenge.

§. 3. Bei den Versuchen über den Ausfluß des Wassers unter constantem Drucke wendet der Verfasser vorzugsweise ein Verfahren an, welches dem von Smeaton noch am nächsten kommt, jedoch in Mehrerem wesentlich von demselben abweicht. Es wird hier der Zufluß durch einen Hahn H, Fig. 1, so regulirt, daß der Wasserspiegel WW während des Ausflusses durch das Mundstück F im Niveau einer Zeigerspitze Z bleibt, oder wenigstens nahe über und unter derselben spielt. Zur Erzielung einer größeren Schärfe kann man noch einen zweiten Zeiger mit aufsteigender Spitze anwenden. Das Ausflußwasser läßt sich zwar auffangen und in einem besonderen Aichgefäße ausmessen; bei meinen Versuchen im Kleinen bestimme ich aber die Ausflußmenge einfacher dadurch, daß ich das Ausflußgefäß B aus dem Hauptapparate A speise, und die Zeit beobachte, in welcher die Oberfläche des Wassers in demselben von einer der Spitzen $S_1$ und $S_2$, Fig. 8, bis zur anderen sinkt. Das entsprechende Ausflußquantum ist natürlich durch das Product $V = Gs$ aus der Fläche G und dem Wege s des sinkenden Wasserspiegels bestimmt. (S. des Verfassers Experimental-Hydraulik.) Die Methode Christian's, den Ausfluß unter constantem Druck durch allmäliges Eintauchen eines Körpers zu erlangen, habe ich mittels eines hohlen blechernen Tauchers B, Fig. 2, zur Ausführung gebracht. Wenn man denselben durch Einfüllen von Sand so schwer macht, daß er bei tiefer Eintauchung vom Wasser getragen wird, so kann man bei allmäligem Niederlassen desselben den Wasserspiegel W im Niveau der Zeigerspitze erhalten, während das Wasser durch das Mundstück F abfließt. Das Volumen V des Tauchers B ist dann natürlich auch gleich dem Ausflußquantum während der Zeit, innerhalb welcher man den Taucher von einem Ende C bis zum andern Ende D ins Wasser eingetaucht hat. Dieses Volumen V läßt sich vorher leicht dadurch bestimmen, daß man mittels eines von oben hereingehenden Zeigers die Höhe s mißt, um welche der Wasserspiegel W steigt, wenn man den Taucher nach und nach in das Wasser taucht, während die Mündung F verschlossen ist, also kein Abfluß statt hat.

Diese Methode ist aber lange nicht so sicher als die erstere, mit Hahnstellung, und verliert auch noch dadurch an Einfachheit, daß zur Erlangung einer gleichen Genauigkeit bei Versuchen mit sehr verschieden großen Mündungen verschieden große Taucher nöthig sind.

Anstatt der Prony'schen Methode kann man mit mehr Sicherheit den schwimmenden Heber in Fig. 3 anwenden. Derselbe besteht aus zwei Steigröhren AB, AB, einer Communicationsröhre BCB, und einer Fallröhre CF mit dem Mundstück F, und schwimmt mittels der Schwimmcylinder EF, EF auf dem Wasser in den mit einander communicirenden Gefäßen HK, HK. Ist der Heber vor dem Versuche ganz mit Wasser angefüllt worden, so tritt das Wasser bei AA in den Heber und fließt durch F mit einer Geschwindigkeit v ab, welcher die senkrechte Tiefe der Mündung F unter den Wasserspiegeln WW, WW in beiden Gefäßen als Druckhöhe zukommt. Es ist hier das Gewicht des von den beiden Schwimmgefäßen verdrängten Wassers gleich dem Gewichte des ganzen Hebers sammt dem des darin befindlichen Wassers, folglich auch das Volumen des verdrängten Wassers und die Tiefe der Einmündung A, sowie die Druckhöhe oder die Tiefe der Ausmündung F unter dem Wasserspiegel WW, während der ganzen Ausflußzeit unveränderlich. Durch die Reaction des ausfließenden Wassers wird zwar die Tiefe der Eintauchung noch

etwas vermindert, da aber diese Kraft mit dem Quadrate der Ausflußgeschwindigkeit wächst, und daher constant ist, so wird durch sie die Beständigkeit der Druckhöhe nicht gestört. Diese Methode hat nur den Nachtheil, daß sich hier in Folge des verminderten Wasserdruckes Luft aus dem Wasser entwickelt, welche die Röhre BB nach und nach anfüllt, und nicht allein den Ausfluß stört, sondern auch zuletzt ganz verhindert. Es ist also bei längerem Experimentiren der ganze Heber von Zeit zu Zeit wieder mit Wasser anzufüllen.

§. 4. Ein anderes Mittel zur Erhaltung einer constanten Druckhöhe oder Ausflußgeschwindigkeit besteht in der Anwendung der Mariotte'schen Flasche, welche dem Erfinder aber nur dazu gedient hat, den Luftdruck nachzuweisen. (S. Seite 112 der Meinig'schen Uebersetzung von Mariotte's Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik, Leipzig 1723). Die Art und Weise, wie ich das Princip des Mariotte'schen Gefäßes zur Erzeugung einer constanten Ausflußgeschwindigkeit in Anwendung bringe, ist aus den Abbildungen in Fig. 4 und Fig. 5 zu ersehen. Der Ausflußapparat Fig. 4 besteht aus dem Ausflußgefäße ABC, welches ich in der Experimentalhydraulik unter dem Namen „die verschlossene Vorlage" aufgeführt habe, und aus der Röhre DE, welche von oben luftdicht abschließend durch den Deckel AB beliebig tief in das Gefäß hineingeschoben werden kann (siehe auch Fig. 5). Ein cylindrisches Sieb EG, welches über das untere Ende der Röhre weggeschoben ist, dient zur Beruhigung der durch die aufsteigenden Luftblasen entstehenden Wellen, und eine durch einen Hahn abzuschließende Glasröhre, welche in der Abbildung nur punktirt ist, ist zur Beobachtung des Wasserstandes in der Röhre nöthig. Das durch das Mundstück F fließende Wasser wird in dem cylindrischen Blechgefäße HK aufgefangen, und darin mittels des Zeigers LS gemessen. Vor Beginn des Versuches wird bei zugestöpseltem Mundstück F das ganze Gefäß von oben, durch die Mündung M mit Wasser angefüllt, sowie die Luftröhre DE eingesezt, und luftdicht bei M aufgeschraubt. Eröffnet man nun das Mundstück F, so fällt das Wasser in DE bis zur unteren Mündung E, und es beginnt von nun an der Abfluß unter der Druckhöhe h zwischen der Unterfläche von E und der Axe der Mündung F, da durch die nachströmende und im Wasser emporsteigende Luft in E das Gleichgewicht zwischen dem Druck der äußern Luft und dem der inneren Luft in Vereinigung mit dem Drucke des über E stehenden Wassers erhalten wird, und folglich der Druck in der ganzen, durch E gehenden Wasserschicht gleich dem Atmosphärendrucke ist. Aus der Druckhöhe h und der Tiefe s der in einer gewissen Zeit t in das Gefäß HK geflossenen Wasserschicht vom mittleren Querschnitt G ist der entsprechende Ausflußcoefficient des Mundstückes F mittels der bekannten Formel

$$\mu = \frac{G s}{F t \sqrt{2 g h}}$$

zu berechnen.

Ein anderer Apparat nach demselben Principe ist im vertikalen Durchschnitt Fig. 6 dargestellt. Es ist hier AF das Hauptreservoir der Experimentalhydraulik mit dem Mundstücke F, dessen Ausflußcoefficient ermittelt werden soll; ferner ist BC das verschlossene Zuflußreservoir, welches vor dem Versuche bei B mit Wasser angefüllt wird, und CDE ein Kropfrohr, welches das Wasser aus BC unter das Wasser in AF führt, sowie GKL eine engere, zum großen Theil aus Gummi bestehende und mittels eines Hahnes H abzuschließende Röhre, welche die zum Ausfluß des Wassers nöthige Luft in das Gefäß BC leitet. Es ist leicht zu ermessen, daß nach Eröffnung des Hahnes H der Ausfluß bei E nur dann erfolgt, wenn die Mündung L über dem Wasserspiegel WW steht, daß dagegen derselbe sogleich aufhört, wenn das Wasser in AF bis zur Mündung L gestiegen ist, wobei sich der Druck der eingeschlossenen Luft, sammt dem Druck des Wassers in BC, in WW mit dem äußeren Luftdruck ins Gleichgewicht setzt. Dieses Bewegungsverhältniß ändert sich nicht, wenn man noch das Mundstück entstöpselt; es wird auch dann noch der Wasserspiegel WW nahe unter L eine Mittellage einnehmen, und sich abwechselnd über dieselbe erheben und unter dieselbe senken, je nachdem E mehr oder weniger Wasser zuführt, als durch F abfließt. Die Versuche mit diesem Apparate haben denselben Mangel wie die am vorigen; die Schwankungen des Wasserspiegels WW bei beiden Versuchen machen nicht nur das Ablesen der Druckhöhe unsicher, sondern verursachen auch noch kleine Störungen in der Bewegung des durch F ausfließenden Wassers. Diese Schwankungen fallen noch größer aus, wenn man die Luftröhre KL wegläßt, und durch das Rohr DE zugleich Wasser aus dem Gefäße BC ausfließen und Luft in dasselbe eintreten läßt, wobei natürlich der Wasserspiegel WW nahe unter der Ausmündung seinen mittleren Stand annehmen wird. Der Herr Geheime Oberbaurath Hagen hat, um bei dieser Einrichtung die Schwankungen des Wassers zu vermindern, nicht nur Seitenlöcher über der Ausmündung E in der Röhre DE angebracht, sondern auch ein enges Zwischengefäß angewendet, in welches das Wasser erst tritt, ehe es in das eigentliche Ausflußreservoir gelangt. (Siehe die Abhandlung „Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Bewegung des Wassers in Röhren," von G. Hagen, Berlin 1854.) Uebrigens kann man bei dem Apparat in Fig. 6 die Schwankungen des Wasserspiegels WW bedeutend vermindern, wenn man das Mundstück L mit einer oben und unten offenen senkrechten Röhre umgiebt.

§. 5. Mit einer kreisrunden Mündung F, von circa 1 Centimeter Durchmesser in der ebenen dünnen

Wand AB, Fig. 7, sind folgende vergleichende Versuche angestellt worden.

1) Ausfluß unter allmälig abnehmendem Drucke im Hauptreservoir. Der Durchmesser der Mündung war genau = 1,01 Centimeter, folglich der Inhalt derselben $F = 0{,}00008012$ Quadratmeter, ferner betrug der Durchmesser des sinkenden Wasserspiegels 39,92 Centimeter, folglich der Inhalt desselben $G = 0{,}12516$ Quadratmeter; es sank in der Zeit $t = 200{,}25$ Sec. die Druckhöhe von $h_1 = 0{,}1700$ Met. auf $h_2 = 0{,}0500$ Met. Führt man noch $\sqrt{2g} = \sqrt{2.9{,}81} = \sqrt{19{,}62} = 4{,}4294$ ein, so erhält man hiernach den der mittleren Druckhöhe

$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 0{,}1011 \text{ Meter}$$

entsprechenden Ausflußcoefficienten dieser Mündung

$$\mu = \frac{2G(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{Ft\sqrt{2g}} = \frac{0{,}25032\,(0{,}41231 - 0{,}22361)}{0{,}00008012\,.\,200{,}25\,.\,4{,}4294}$$
$$= \frac{0{,}25032\,.\,0{,}1887}{0{,}016044\,.\,4{,}4294} = 0{,}6647.$$

2) Ausfluß unter constantem Druck, hervorgebracht durch Hahnstellung, wie Fig. 1 darstellt. Bei der Druckhöhe $h = 0{,}100$ Meter floß in der Zeit $t = 197{,}5$ Sec. ein Wassercylinder von der Grundfläche $G = 0{,}12516$ Qdr.-Meter, und der Höhe $s = 0{,}120$ Meter aus. Da wieder $F = 0{,}00008012$ Quadratmeter ist, so folgt der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{Gs}{Ft\sqrt{2gh}} = \frac{0{,}015019}{197{,}5\,.\,0{,}00035488\,.\,\sqrt{0{,}1}} = 0{,}6776.$$

3) Ausfluß unter dem constanten Drucke von 0,100 Meter, durch den Taucher in Fig. 2 hervorgebracht.

Um das Volumen des Tauchers zu ermitteln, wurde derselbe mehrmals in das Wasser eingetaucht, welches die Vorlage HK in Fig. 3 zum Theil ausfüllt, und jedes Mal die Tiefe $s$ gemessen, um welche hierbei der Wasserspiegel stieg. Diese Tiefe wurde im Mittel 0,02785 Meter gefunden, während der mittlere Querschnitt von HK den Inhalt $G = 0{,}070225$ Quadratmeter hatte. Hiernach ist das Volumen des Tauchers, sowie das Ausflußquantum während des Eintauchens desselben: $V = Gs = 0{,}0019558$ Cubikmeter.

Die entsprechende Ausflußzeit betrug im Mittel $t = 26{,}5$ Sec., folglich ist hiernach der Ausflußcoefficient der gedachten Mündung

$$\mu = \frac{V}{Ft\sqrt{2gh}} = \frac{0{,}0019558}{26{,}5\,.\,0{,}00011222} = 0{,}6576.$$

In Folge der kleinen Ausflußzeit ist diese Bestimmung von $\mu$ weniger scharf.

4) Ausflußversuch unter dem constanten Drucke von 0,100 Meter mittels des Apparates in Fig. 4.

Bei der angegebenen Druckhöhe floß während der Zeit $t = 90$ Secunden in das Gefäß HK eine Wasserschicht von der Grundfläche $G = 0{,}070225$ Quadratmeter und der Höhe $s = 0{,}09375$ Meter; es ist daher hiernach der Ausflußcoefficient der Mündung F:

$$\mu = \frac{0{,}09375\,.\,0{,}070225}{90\,.\,0{,}00011222} = 0{,}6518.$$

5) Ausflußversuch unter dem constanten Drucke von $h = 0{,}100$ Meter, mittels des in Fig. 6 abgebildeten Apparates. Die Schwankungen des Wasserspiegels und Pulsationen des Wasserstrahles waren ziemlich bedeutend. In der Zeit $t = 90$ Sec. floß ein Wasserprisma von der Grundfläche $G = 0{,}070225$ und Höhe $s = 0{,}0957$ Meter aus. Hiernach ist der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{0{,}0957\,.\,0{,}070225}{90\,.\,0{,}00011222} = 0{,}6654.$$

Endlich folgt der mittlere Werth des Ausflußcoefficienten der Kreismündung in der dünnen Wand von 1 Centimeter Durchmesser bei 1 Decimeter Druckhöhe, hervorgegangen aus 5 verschieden ausgeführten Versuchen:

$$\mu = \left.\begin{matrix} 0{,}6647 \\ +\,0{,}6776 \\ +\,0{,}6576 \\ +\,0{,}6518 \\ +\,0{,}6654 \end{matrix}\right\} : 5 = 0{,}6634.$$

§. 6. Mit Hülfe eines Ausflußapparates mit constantem Drucke kann man auch leicht einen Ausflußversuch bei constantem Zufluß zur Ausführung bringen, wobei der Wasserspiegel in einem prismatischen Raume um eine gewisse Höhe steigt oder fällt. Die Formel zur Bestimmung der Ausflußzeit für diesen Fall des Ausflusses ist (siehe Seite 40 meiner Experimentalhydraulik, sowie Seite 889 meiner Ingenieur- und Maschinenmechanik)

$$t = \frac{2G}{\mu F\sqrt{2g}}\left[\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k}}{\sqrt{h_2} - \sqrt{k}}\right)\right],$$

worin $\mu$, $F$, $G$, $h_1$ und $h_2$ dieselben Bedeutungen haben wie unter 1) des vorigen Paragraphen und

$$k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q_1}{\mu F}\right)^2$$

diejenige Druckhöhe des ausfließenden Wassers bezeichnet, bei welcher Beharrungszustand eingetreten ist, wo also das Ausflußquantum $\mu F\sqrt{2gk}$ gleich ist dem constanten Zuflußquantum $Q_1$.

Zur Ausführung eines Versuches über diesen Fall des Ausflusses hat der in Fig. 8 in ein Zehntel der natürlichen

Größe abgebildete Apparat gedient. Derselbe besteht aus dem bekannten Hauptausflußgefäße AF für Ausflußversuche unter variablem Drucke, mit den zwei Zeigern $S_1$ und $S_2$, deren Spitzen 0,12 Meter voneinander abstehen, und aus der bekannten verschlossenen Vorlage, welche aber hier, wie Fig. 4 im Durchschnitt darstellt, als ein Ausflußgefäß für constanten Druck dient. Die zur Erhaltung des letztern nöthige Luft wird durch die Röhre DM zugeführt, der Wasserstand in diesem Gefäße an der mittels eines Hahnes H zu verschließenden Röhre HK abgelesen, und das Wasser aus demselben mittels einer sich in ein besonderes Mundstück N endigenden Röhre L ab- und zunächst in die aufgehangene Röhre OR geleitet, aus welcher es unten bei R in das Hauptgefäß fließt, während es von hier wieder durch ein Mundstück F zum Ausfluß gelangt. Man kann entweder Versuche bei fallendem, oder solche bei steigendem Wasserspiegel WW anstellen; je nachdem die Abflußmenge aus AF größer oder kleiner ist, als die Zuflußmenge aus HM. In beiden Fällen tritt der Beharrungszustand des Ausflusses ein, hört also die Bewegung des Wasserspiegels WW auf, wenn die Druckhöhe des bei F ausfließenden Wassers die eben angegebene Größe k erreicht. Da für $h_2 = k$, $\sqrt{h_2} - \sqrt{k} = 0$, also

$$\text{Log. nat} \left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h_2} - \sqrt{k_2}}\right) = \text{Log. nat.}\ \infty = \infty$$

ausfällt, so folgt, daß es unendlich lange dauert, ehe der Beharrungszustand des Ausflusses eintritt, und daher Versuche über diesen Grenzfall nicht angestellt werden können.

§. 7. Ueber beide Ausflußverhältnisse sind Versuche angestellt worden.

1) Versuche bei fallendem Wasserspiegel. Hier saß die Ausflußöffnung des Hauptreservoirs im mittleren Loche G, und war eine Kreismündung von 1,01 Centimeter Durchmesser in der dünnen Wand, wogegen die Ausflußöffnung N der Röhre LN, in welcher das Wasser zugeführt wurde, in einer kleineren Kreismündung in der dünnen Wand von 0,743 Centimeter Durchmesser bestand.

Ein Vorversuch über den Ausfluß der ersteren Mündung im mittleren Loche bei allmälig abnehmendem Drucke gab t = 102,25 Sec., wobei, nach Abzug des Querschnitts der eingehangenen Röhre OR, der Querschnitt des ausgeflossenen Wasserprisma's: $G = 0{,}12516 - 0{,}00018 = 0{,}12498$ Quadratmeter maaß. Der Querschnitt der Ausmündung F war derselbe, wie unter 1) §. 5, dagegen waren die Druckhöhe $h_1 = 0{,}4694$ Meter und $h_2 = 0{,}3494$ Meter; daher folgt bei der mittleren Druckhöhe

$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = (0{,}63811)^2 = 0{,}4072 \text{ Meter},$$

der Ausflußcoefficient dieser Kreismündung:

$$\mu = \frac{2G(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})}{Ft\sqrt{2g}} = \frac{0{,}24996\,(0{,}68513 - 0{,}59110)}{102{,}25 \cdot 0{,}00035488} = 0{,}6477.$$

Ein anderer Vorversuch mit der zweiten Kreismündung $F_1 = 0{,}43358$ Quadratcentimeter, unter der constanten Druckhöhe $h = 0{,}226$ Meter, angesetzt an die Kropfröhre N des Mariotte'schen Gefäßes HM, Fig. 8, gab in der Zeit t = 120 Sec. die Ausflußmenge

$V = Gs = 0{,}070225 \cdot 0{,}097733 = 0{,}0068633$ Cubikmeter,

daher hat man für diese Mündung mit gekröpfter Zuführungsröhre den Ausflußcoefficienten

$$\mu_1 = \frac{Gs}{F_1 t \sqrt{2gh}} = \frac{0{,}0068633}{120 \cdot 0{,}000043358\sqrt{4{,}43412}} = 0{,}6264.$$

Bei dem Hauptversuche, wie ihn Fig. 8, jedoch mit der Ausnahme darstellt, daß der Ausfluß nicht durch die untere, sondern durch die mittlere Oeffnung G des Hauptreservoirs erfolgte, fiel die Ausflußzeit, innerhalb welcher der Wasserspiegel WW von der oberen Spitze $S_1$ bis zur unteren Spitze $S_2$ sank, t = 170,25 Sec. aus, während die größere Kreismündung in G und die kleinere in N eingesetzt war, und es betrug das Volumen des ausgeflossenen Wassers:

$V = Gs = 0{,}070225 \cdot 0{,}35205 = 0{,}024723$ Cubikmeter.

Hiervon floß aus dem Hauptreservoir das Quantum $V_0 = G_0 s_0 = 0{,}12498 \cdot 0{,}12 = 0{,}014998$ Cubikmeter, daher war die Zuflußmenge

$V_1 = V - V_0 = 0{,}09725$ Cubikmeter, und letztere p. sec.:

$$Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{0{,}09725}{170{,}25} = 0{,}000057122 \text{ Cubikmeter.}$$

Nach der Formel $Q_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2gz_1}$ ist, da während des Versuches die Druckhöhe im Zuflußreservoir $z_1 = 0{,}235$ Meter betrug, dieses Ausflußquantum

$Q_1 = 0{,}6264 \cdot 0{,}000043358\sqrt{4{,}6107} = 0{,}00005832$ Cubikmeter,

also etwas größer.

Die Druckhöhe k, bei welcher das Fallen des Wasserspiegels WW aufhört, ist durch die Formel

$$k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q_1}{\mu F}\right)^2$$

zu bestimmen, in welcher zwar nach den Vorversuchen $\mu F = 0{,}6477 \cdot 0{,}00008012 = 0{,}000051894$ Quadratmeter eingesetzt werden kann, aber dem Hauptversuche zu Folge, mit mehr Genauigkeit,

$$\mu F = \frac{V}{t\sqrt{2gz}} = \frac{0{,}024723}{170{,}25\sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}4072}} = 0{,}000051377 \text{ Quadratmeter}$$

einzuführen ist. Der entsprechende Werth von k ist

$$k = \frac{1}{19{,}62} \cdot \left(\frac{0{,}000057122}{0{,}000051377}\right)^2 = 0{,}063000 \text{ Meter, und}$$

$\sqrt{k} = 0{,}25100.$

Nun ist noch für den Ausfluß durch eine Mündung im mittleren Loche, $\sqrt{h_1} = \sqrt{0{,}4694} = 0{,}68513$ und $\sqrt{h_2} = \sqrt{0{,}3494} = 0{,}59110$, daher folgt

$\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} = 0{,}09403$, $\sqrt{h_1} - \sqrt{k} = 0{,}43415$, $\sqrt{h_2} - \sqrt{k} = 0{,}34010$, und

$\sqrt{k}$ Log. nat. $\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right) = 0{,}06126$, und da noch

$\frac{2G}{\mu F \sqrt{2g}} = \frac{0{,}24996}{0{,}000051377 . 4{,}429} = 1098{,}4$ ist, so ergiebt sich die gesuchte Ausflußzeit

$$t = \frac{2G}{\mu F \sqrt{2g}} \left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{k} \text{ Log. nat.} \left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right)\right) = 1098{,}4 . (0{,}09403 + 0{,}06126) = 170{,}5 \text{ Sec.}$$

Da die Beobachtung $t = 170{,}25$ Sec. gegeben hat, so ist die Uebereinstimmung der Berechnung mit der Erfahrung eine recht gute.

Wenn man, wie hier, bei dem Versuche das Product $\mu F$ gleich mit ermittelt, so kann man einfacher

$$\frac{2G}{\mu F \sqrt{2g}} = \frac{2Gt\sqrt{z}}{V}$$

setzen, so daß die Hauptformel folgende Form annimmt,

$$V = 2G \sqrt{z} \left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{k} \text{ Log. nat.} \left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right)\right).$$

Hiernach ist

$V = 0{,}24996 . 0{,}63812 . 0{,}15529 = 0{,}024770$ Cubikmeter

zu setzen, während die Versuche $V = 0{,}024723$ Cubikmeter gegeben haben.

2) Versuch bei steigendem Wasserspiegel. Hier floß das Wasser aus dem Hauptausflußreservoir AF, Fig. 8, durch die kleine Kreismündung von 0,743 Centimeter Durchmesser, welche zu diesem Zwecke in das mittlere Loch G eingesetzt worden war, während anderes Wasser oben durch eine kurze cylindrische Ansatzröhre von 1,014 Centimeter Weite zufloß, welche das Ende N der Röhre LN bildete.

Der erste Vorversuch mittels der kleinen Kreismündung $F_1 = 0{,}43358$ Quadratcentimeter im mittleren Loche des Hauptreservoirs gab bei allmälig abnehmendem Drucke die Ausflußzeit $t = 194{,}5$ Secunden. Es ist daher für dieselbe der Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{2G(\sqrt{h_1}-\sqrt{h_2})}{Ft\sqrt{2g}} = \frac{0{,}023504}{194{,}5 . 0{,}00019205} = 0{,}6292.$$

Der zweite Vorversuch mit einer kurzen cylindrischen Ansatzröhre EF, Fig. 9, von 1,014 Centimeter Weite gab im Mariotte'schen Gefäße bei $z_1 = 0{,}256$ Meter Druckhöhe in der Zeit $t = 60$ Sec. das Ausflußquantum

$V_1 = 0{,}070225 . 0{,}1245 = 0{,}008743$ Cubikmeter,

und da der Querschnitt der Röhre: $F = 0{,}8076$ Quadratcentimeter maaß, so ist hiernach der Ausflußcoefficient dieses Mundstückes:

$$\mu_1 = \frac{V_1}{Ft\sqrt{2gz_1}} = \frac{0{,}008743}{0{,}0048456 . \sqrt{19{,}62 . 0{,}256}} = 0{,}8051.$$

Der nun folgende Hauptversuch (Fig. 8), gab die Ausflußzeit $t = 213{,}2$ Secunden, wobei der Wasserspiegel WW im Hauptreservoir von der unteren Spitze $S_2$ bis zur oberen Spitze $S_1$ stieg, und das Wasserquantum

$V = Gs = 0{,}070225 . 0{,}23067 = 0{,}016199$ Cubikmeter

durch die kleine Kreismündung im mittleren Loche des Hauptausflußreservoirs ausfloß. Nun ist aber die von diesem Reservoir aufgenommene Wassermenge $V_0 = G_0 s_0 = 0{,}014998$ Cubikmeter, daher folgt die aus dem Mariotte'schen Gefäße durch die kurze cylindrische Ansatzröhre zugeflossene Wassermenge:

$V_1 = V + V_0 = 0{,}031197$, und die Zuflußmenge p. sec.

$Q_1 = \frac{V_1}{t} = 0{,}000146325$ Cubikmeter.

Die Formel $Q_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2gh_0}$ giebt, da die Druckhöhe im Mariotte'schen Gefäße $h_0 = 0{,}267$ Meter maaß: $Q_1 = 0{,}8051 . 0{,}00008076 \sqrt{19{,}62 . 0{,}267} = 0{,}00014881$ Cubikmeter, also etwas mehr, wie nicht anders zu erwarten war, da hier noch die Reibung des Wassers in der langen Röhre NR unbeachtet geblieben ist. Noch ist

$$\mu F = \frac{V_0}{t\sqrt{2gh}} = \frac{0{,}016199}{213{,}2\sqrt{19{,}62 . 0{,}4072}} = 0{,}000026882 \text{ Quadratmeter,}$$

während nach dem Vorversuche

$\mu F = 0{,}6292 . 0{,}000043358 = 0{,}000027281$ Quadratmeter

zu setzen wäre.

Die Druckhöhe im Hauptreservoir, bei welcher der Beharrungszustand des Ausflusses eintritt, beträgt

$$k = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q_1}{\mu F}\right)^2 = \frac{1}{19{,}62}\left(\frac{0{,}000146325}{0{,}000026882}\right)^2$$
$= 1{,}5102$ Met., und $\sqrt{k} = 1{,}2289$.

Nun ist $\sqrt{h_1} = 0{,}59110$ und $\sqrt{h_2} = 0{,}68513$, daher folgt $\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} = -0{,}09403$; $\sqrt{h_1} - \sqrt{k} = -0{,}63780$ und $\sqrt{h_2} - \sqrt{k} = -0{,}54377$, also

$$\sqrt{k}\,.\,\text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right) = 1{,}2289\,.\,\text{Log. nat.}\left(\frac{63780}{54377}\right) = 0{,}19601\,.$$

Diese Werthe in die Formel

$$V = 2G\sqrt{z}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{k}\,.\,\text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right)\right)$$

gesetzt, so folgt

$$V = 0{,}24996\,.\,0{,}63812\,(-0{,}09403 + 0{,}19601) = 0{,}24996\,.\,0{,}6381\,.\,0{,}10198 = 0{,}016266 \text{ Cubikmeter,}$$

also vom Versuchswerthe $V = 0{,}016199$ Cubikmeter wenig verschieden, und die Ausflußzeit

$$t = \frac{2G}{\mu F\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k}}{\sqrt{h_2}-\sqrt{k}}\right)\right) = 2099{,}8\,(0{,}19601 - 0{,}09403)$$
$= 2099{,}8\,.\,0{,}10198 = 213{,}9$ Sec., während der Versuch $t = 213{,}2$ Sec. gegeben hat.

§. 8. Ein anderes, auch in der Praxis häufig vorkommendes Ausflußverhältniß bietet der in Fig. 10 dargestellte Fall dar. Das Wasser fließt hier aus einem großen Reservoir A mittels einer Röhre C in das Gefäß B, und aus diesem wieder durch ein besonderes Mundstück F in die freie Luft, oder in ein anderes großes Reservoir. Wenn die anfängliche Druckhöhe des Wassers in B, d. i. die Höhe des Wasserspiegels WW über der Mitte der Mündung F, $= h$, und die Druckhöhe des Wassers in A, d. i. der Niveauabstand zwischen dem constanten Wasserspiegel $W_1W_1$ in A und dem Wasserspiegel WW in B, $= h_1$, wenn ferner der Querschnitt des Gefäßes $= G$, der Querschnitt der Ausmündung $= F$, der Ausflußcoefficient derselben $= \mu$, sowie der Querschnitt der Ausmündung von C, $= F_1$ und der Ausflußcoefficient derselben $= \mu_1$ ist, so kann man nach der Zeit t fragen, innerhalb welcher die anfänglichen Druckhöhen h und $h_1$ in x und y übergehen.

Jedenfalls ist im Zeitelemente dt das Ausflußquantum durch F, $= \mu F\sqrt{2gx}\,.\,dt$, und das durch $F_1$,

$$= \mu_1 F_1\sqrt{2gy}\,.\,dt,$$

folglich die entsprechende Verminderung des Wasservolumens in B, $-G\,dx = (\mu F\sqrt{2gx} - \mu_1 F_1\sqrt{2gy})\,dt$, und daher umgekehrt

$$dt = -\frac{G\,dx}{\mu F\sqrt{2gx} - \mu_1 F_1\sqrt{2gy}} = -\frac{G\,dx}{\sqrt{2g}}\,.\,\frac{\mu F\sqrt{x} + \mu_1 F_1\sqrt{y}}{\mu^2F^2x - \mu_1^2F_1^2y}\,.$$

Nun ist aber die ganze Druckhöhe $h_0 = h + h_1 = x + y$ constant, daher läßt sich auch $y = h_0 - x$ und

$$dt = \frac{G\,dx}{\sqrt{2g}}\,.\,\frac{\mu F\sqrt{x} + \mu_1 F_1\sqrt{h_0 - x}}{\mu_1^2F_1^2h_0 - (\mu^2F^2 + \mu_1^2F_1^2)\,x}$$

setzen.

Bezeichnet noch k den Werth von x, bei welchem der Beharrungszustand stattfindet, so hat man

$$\mu F\sqrt{2gk} = \mu_1 F_1\sqrt{2g\,(h_0 - k)},\ \text{d. i.}$$

$\mu^2F^2k = \mu_1^2F_1^2\,(h_0 - k)$, oder $k = \frac{(\mu_1F_1)^2\,h_0}{(\mu F)^2 + (\mu_1F_1)^2}$, und umgekehrt,

$$(\mu_1F_1)^2\,h_0 = ((\mu F)^2 + (\mu_1F_1)^2)\,h_0,$$

und es läßt sich nun

$$dt = \frac{G\,dx}{((\mu F)^2 + (\mu_1F_1)^2)\sqrt{2g}}\,.\,\frac{\mu F\sqrt{x} + \mu_1F_1\sqrt{h_0 - x}}{h_0 - x} \quad \text{setzen.}$$

Führt man nun $k - x = u$, oder $x = k - u$, und $dx = -du$ ein, und setzt man $k_1 = h_0 - k$, so erhält man

$$dt = -\frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1F_1)^2)\sqrt{2g}}\left(\frac{\mu F\sqrt{k - u}}{u} + \frac{\mu_1F_1\sqrt{k_1 + u}}{u}\right)du.$$

Die Integralrechnung giebt aber

$$\int\frac{\sqrt{k-u}}{u}\,du = 2\sqrt{k-u} + k\int\frac{du}{u\sqrt{k-u}} = 2\sqrt{k-u} + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{k-u} - \sqrt{k}}{\sqrt{k-u} + \sqrt{k}}\right),$$

und ebenso

$$\int\frac{\sqrt{k_1+u}}{u}\,du = 2\sqrt{k_1+u} + k_1\int\frac{du}{u\sqrt{k_1+u}} = 2\sqrt{k_1+u} + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{k_1+u} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{k_1+u} - \sqrt{k_1}}\right),$$

daher folgt

$$t = -\frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left[2\sqrt{k-u} + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{k-u} - \sqrt{k}}{\sqrt{k-u} + \sqrt{k}}\right)\right] \\ + \mu_1 F_1 \left[2\sqrt{k_1+u} + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{k_1+u} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{k_1+u} + \sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array} \right\} + \text{Const.}$$

Anfangs hat man $x = h$, daher $u = k - h$, oder $k - u = h$, sowie $k_1 + u = h_1$, folglich ist

$$0 = -\frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left[2\sqrt{h} + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{h} + \sqrt{k}}\right)\right] \\ + \mu_1 F_1 \left[2\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array} \right\} + \text{Const.},$$

und es ergiebt sich durch Subtraction, wenn man noch $k - u = x$ und $k_1 + u = y$ einsetzt, die gesuchte **Ausflußzeit**, innerhalb welcher $h$ in $x$ und $h_1$ in $y$ übergeht,

$$t = \frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} \left\{ \begin{array}{l} \mu F \left[2(\sqrt{h} - \sqrt{x}) + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{h} + \sqrt{k}} \cdot \frac{\sqrt{x} + \sqrt{k}}{\sqrt{x} - \sqrt{k}}\right)\right] \\ + \mu_1 F_1 \left[2(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1}} \cdot \frac{\sqrt{y} + \sqrt{k_1}}{\sqrt{y} - \sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array} \right\}.$$

Für $x = k$ ist $y = k$, und $\sqrt{x} - \sqrt{k}$, sowie $\sqrt{y} - \sqrt{k_1}$ = Null, daher $t = \infty$; es tritt also der Beharrungszustand oder Stillstand des Wasserspiegels WW unendlich spät ein.

§. 9. Ueber das im Vorstehenden behandelte Ausflußverhältniß lassen sich auch mit dem in Fig. 8 dargestellten Ausflußapparat leicht Versuche anstellen, wenn man die Röhre OR nicht frei herabgehen läßt, sondern wie Fig. 11 darstellt, an das Ende der Röhre LN luftdicht anschließt, so daß die Geschwindigkeit des dem Hauptreservoir AB zugeführten Wassers nicht constant ist, sondern sich mit dem Niveauabstand zwischen dem Wasserspiegel WW und dem unteren Ende der Luftröhre DM in dem Mariotte'schen Gefäße HM verändert. Es ist mit diesem Apparate sowohl ein Versuch mit **fallendem**, als ein solcher mit **steigendem Wasserspiegel** angestellt worden.

1) **Versuch mit fallendem Wasserspiegel.**

In der Zeit $t = 116{,}33$ Sec., während das Wasser durch die kleine Kreismündung aus dem Mariotte'schen Gefäße unter das Wasser im Hauptreservoir ausströmte, fiel der Wasserspiegel WW allmälig von der oberen Spitze $S_1$ bis zur unteren Spitze $S_2$, und floß durch die größere Kreismündung im unteren Loche des Hauptreservoirs die Wassermenge

$$V = 0{,}070225 \,.\, 0{,}35423 = 0{,}024876 \text{ Cubikmeter}$$

ab. Da sich hiervon schon vorher die Wassermenge

$$V_0 = G_0 s_0 = 0{,}014997$$

im Hauptreservoir befunden hat, so ist das in dieser Zeit in dasselbe eingeführte Wasserquantum

$$V_1 = V - V_0 = 0{,}009879 \text{ Cubikmeter.}$$

Die Oberfläche des Wassers im Piezometer HK stand 0,481 Meter über der oberen Spitze $S_1$, und da sich die untere Spitze 0,1200 Meter unter der oberen befindet, so sind die äußersten Druckhöhen beim Ausflusse des Wassers aus dem Mariotte'schen Gefäße: $h_1 = 0{,}4810$ und $y = 0{,}6010$ Meter, und es folgt die mittlere Druckhöhe:

$$z_1 = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{y}}{2}\right)^2 = 0{,}5393 \text{ Meter, und daher}$$

$$\mu_1 F_1 = \frac{V_1}{t\sqrt{2gz}} = 0{,}000026107.$$

Beim Ausflusse aus dem Hauptreservoir sind die äußersten Druckhöhen

$$h_1 = 0{,}9704 \text{ Meter und } x = 0{,}8504 \text{ Meter,}$$

daher ist hier die mittlere Druckhöhe $z = 0{,}9094$ Meter, und das Product aus dem Mündungsquerschnitte F und dem Ausflußcoefficienten $\mu$,

$$\mu F = \frac{V}{t\sqrt{2gz}} = \frac{0{,}024876}{116{,}33\sqrt{2gz}} = 0{,}000050625.$$

Nun folgt

$$(\mu_1 F_1)^2 = 0{,}00000000068152,$$
$$(\mu F)^2 = 0{,}00000000256288, \text{ daher}$$

$$\frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} = \frac{0{,}12498}{0{,}0000000032444 \,.\, 4{,}4294} = 8696600;$$

ferner, da die constante Tiefe der Ausflußmündung des Hauptreservoirs unter der Oberfläche des Wassers im Piezometer, $h_0 = 0{,}4810 + 0{,}9704 = 1{,}4514$ Meter beträgt, ergiebt sich die Druckhöhe im Beharrungszustande:

$$k = \frac{(\mu_1 F_1)^2 h_0}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} = 0{,}30486 \text{ Meter, sowie}$$

$\sqrt{k} = 0{,}55218$, ferner

$k_1 = h_0 - k = 1{,}1465$, und $\sqrt{k_1} = 1{,}07075$.

Nun hat man im Sinne der Hauptformel:

$\sqrt{h} - \sqrt{x} = \sqrt{0{,}9704} - \sqrt{0{,}8504} = 0{,}98509 - 0{,}92217 = 0{,}06292$,

$\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}98509 - 0{,}55218 = 0{,}43293$,

$\sqrt{h} + \sqrt{k} = 1{,}53725$,

$\sqrt{x} + \sqrt{k} = 1{,}47433$, und

$\sqrt{x} - \sqrt{k} = 0{,}37001$, so wie

$\sqrt{h_1} - \sqrt{y} = \sqrt{0{,}4810} - \sqrt{0{,}6010} = 0{,}69354 - 0{,}77524 = -0{,}08170$,

$\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1} = 0{,}69354 - 1{,}07075 = -0{,}37721$,

$\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1} = 1{,}76429$,

$\sqrt{y} + \sqrt{k_1} = 1{,}84599$, und

$\sqrt{y} - \sqrt{k_1} = -0{,}29551$; daher ist

$$\sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{h}+\sqrt{k}}\cdot\frac{\sqrt{x}+\sqrt{k}}{\sqrt{x}-\sqrt{k}}\right) = 0{,}063639, \text{ und}$$

$$\sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k_1}}{\sqrt{y}+\sqrt{k_1}}\cdot\frac{\sqrt{y}+\sqrt{k_1}}{\sqrt{y}-\sqrt{k_1}}\right) = 0{,}309835.$$

Schließlich folgt die in Frage stehende Ausflußzeit:

$$t = \frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \mu\ F\left[2(\sqrt{h}-\sqrt{x}) + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{h}+\sqrt{k}}\cdot\frac{\sqrt{x}+\sqrt{k}}{\sqrt{x}-\sqrt{k}}\right)\right] \\ +\mu_1 F_1\left[2(\sqrt{h_1}-\sqrt{y}) + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1}+\sqrt{k_1}}\cdot\frac{\sqrt{y}+\sqrt{k_1}}{\sqrt{y}-\sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array}\right\}$$

$$= 8696600 \,.\, ((0{,}12584 + 0{,}06364)\,\mu F + (-0{,}16340 + 0{,}30983)\,\mu_1 F_1)$$
$$= 8696600 \,.\, (0{,}18948\,\mu F + 0{,}14643\,\mu_1 F_1) = 8696600 \,.\, (0{,}0000095925 + 0{,}0000038229)$$

$= 116{,}67$ Secunden, während der Versuch $t = 116{,}33$ Sec. gegeben hat.

Wenn man bei dem Versuche die Producte

$$\mu F = \frac{V}{t\sqrt{2gz}} \text{ und } \mu_1 F_1 = \frac{V_1}{t\sqrt{2gz_1}} \text{ mit bestimmt, so kann man}$$

$$\frac{G}{((\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2)\sqrt{2g}} = \frac{G t \sqrt{2g}}{\frac{Q^2}{z} + \frac{Q_1^2}{z_1}}$$

setzen, und hiernach die Hauptformel in folgende umändern:

$$\frac{V^2}{z} + \frac{V_1^2}{z_1} = G \,.\, \left\{ \begin{array}{l} \frac{V}{\sqrt{z}}\left[2(\sqrt{h}-\sqrt{x}) + \sqrt{k}\ .\text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h}-\sqrt{k}}{\sqrt{h}+\sqrt{k}}\cdot\frac{\sqrt{x}+\sqrt{k}}{\sqrt{x}-\sqrt{k}}\right)\right] \\ +\frac{V_1}{\sqrt{z_1}}\left[2(\sqrt{h_1}-\sqrt{y}) + \sqrt{k_1}\ .\text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1}-\sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1}+\sqrt{k_1}}\cdot\frac{\sqrt{y}+\sqrt{k_1}}{\sqrt{y}-\sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array}\right\}.$$

Dem Versuche zu Folge ist

$$\frac{V^2}{z} + \frac{V_1^2}{z_1} = 0{,}00068046 + 0{,}00018097 = 0{,}00086143, \text{ und}$$

$$G \,.\, \left[\frac{V}{\sqrt{z}}\left(2(\sqrt{h}-\sqrt{x}) + \ldots\right) + \frac{V_1}{\sqrt{z_1}}\left(2(\sqrt{h_1}-\sqrt{y}) + \ldots\right)\right] = 0{,}12498\,(0{,}026086 . 0{,}18948 + 0{,}013453 . 0{,}14643)$$
$$= 0{,}12498\,(0{,}0049427 + 0{,}0019698)$$
$$= 0{,}00086392,$$

also weniger größer als der erste Werth.

2) Versuch mit steigendem Wasserspiegel.

In der Zeit $t = 157{,}5$ Secunden, während das Wasser durch die kurze cylindrische Ansatzröhre in das Hauptreservoir einströmte, stieg der Wasserspiegel $WW$ im letzteren von der unteren Spitze $S_2$ zur oberen Spitze $S_1$ und floß durch die kleine Kreismündung im unteren Loche des Hauptreservoirs die Wassermenge

$V = 0{,}070225 \,.\, 0{,}25475 = 0{,}017890$ Cubikmeter aus. Hierzu das Wasserquantum $V_0 = 0{,}014997$ Cubikmeter, welches das Hauptreservoir aufgenommen hat, addirt, folgt die Wassermenge, welche während des Versuches aus dem Mariotte'schen Gefäße ausgeflossen ist: $V_1 = 0{,}032887$ Cubikmeter.

Hierbei stand das Wasser im Piezometer $0{,}4850$ Meter über der oberen Spitze, folglich sind die Druckhöhen

$h_1 = 0{,}6050$ und $y = 0{,}4850$ Meter,

und es ist die mittlere Druckhöhe beim Ausfluß aus dem Zuflußreservoir:

$$z_1 = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{y}}{2}\right)^2 = 0{,}54335 \text{ Meter},$$

so daß das entsprechende Product beträgt:

$$\mu_1 F_1 = \frac{V_1}{t\sqrt{2gz}} = 0{,}000063952 \text{ Quadratmeter.}$$

Für den Ausfluß durch das Hauptreservoir ist dagegen:

$$\mu F = \frac{V}{t\sqrt{2gz}} = \frac{0{,}017890}{157{,}5\sqrt{19{,}64\ 0{,}9094}}$$
$$= 0{,}000026891 \text{ Quadratmeter.}$$

Hieraus folgt

$$(\mu_1 F_1)^2 = 0{,}00000000408996,$$
$$(\mu F)^2 = 0{,}00000000072310, \text{ daher}$$

$$\frac{G}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2\sqrt{2g}} = \frac{0{,}12498}{0{,}00000000481306 . 4{,}4294}$$
$$= 5862200.$$

Da $h_0 = 0{,}4850 + 0{,}9704 = 1{,}4554$ Meter mißt, so ist die Druckhöhe, bei welcher der Wasserspiegel zu steigen aufhört:

$$k = \frac{(\mu_1 F_1)^2 h_0}{(\mu F)^2 + (\mu_1 F_1)^2} = 1{,}23675 \text{ Fuß, wonach}$$

$\sqrt{k} = 1{,}11209$, ferner

$k_1 = h_0 - k = 0{,}2187$ und $\sqrt{k_1} = 0{,}46765$ folgt.

Nun hat man zur Berechnung nach der Hauptformel

$$\sqrt{h} - \sqrt{x} = \sqrt{0{,}8504} - \sqrt{0{,}9704} = 0{,}92217 - 0{,}98509$$
$$= -0{,}06292,$$
$$\sqrt{h} - \sqrt{k} = 0{,}92217 - 1{,}11209 = -0{,}18992,$$
$$\sqrt{h} + \sqrt{k} = 2{,}03426,$$
$$\sqrt{x} + \sqrt{k} = 2{,}09718,$$
$$\sqrt{x} - \sqrt{k} = -0{,}12700,$$
$$\sqrt{h_1} - \sqrt{y} = \sqrt{0{,}6050} - \sqrt{0{,}4850}$$
$$= 0{,}777817 - 0{,}696419 = 0{,}081398,$$
$$\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1} = 0{,}31017,$$
$$\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1} = 1{,}24547,$$
$$\sqrt{y} + \sqrt{k_1} = 1{,}16407, \text{ und}$$
$$\sqrt{y} - \sqrt{k_1} = 0{,}22877, \text{ daher folgt:}$$

$$\sqrt{k} . \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{h} + \sqrt{k}} . \frac{\sqrt{x} + \sqrt{k}}{\sqrt{x} - \sqrt{k}}\right)$$
$$= 0{,}48129, \text{ sowie}$$

$$\sqrt{k} . \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h} + \sqrt{k_1}} . \frac{\sqrt{y} + \sqrt{k_1}}{\sqrt{y} - \sqrt{k_1}}\right)$$
$$= 0{,}11078, \text{ und}$$

$$G . \left\{\begin{array}{l} \frac{V}{\sqrt{z}}\left[2(\sqrt{h} - \sqrt{x}) + \sqrt{k}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h} - \sqrt{k}}{\sqrt{h} + \sqrt{k}} . \frac{\sqrt{x} + \sqrt{k}}{\sqrt{x} - \sqrt{k}}\right)\right] \\ + \frac{V_1}{\sqrt{z_1}}\left[2(\sqrt{h_1} - \sqrt{y}) + \sqrt{k_1}\ \text{Log. nat.}\left(\frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{k_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{k_1}} . \frac{\sqrt{y} + \sqrt{k_1}}{\sqrt{y} - \sqrt{k_1}}\right)\right] \end{array}\right\}$$
$$= 0{,}12498 . [0{,}018760 . (0{,}48129 - 0{,}12584) + 0{,}044615 . (0{,}11078 + 0{,}16279)]$$
$$= 0{,}12498\ (0{,}006668 + 0{,}012205) = 0{,}0023587, \text{ während}$$

$$\frac{V^2}{z} + \frac{V_1^2}{z_1} = \frac{(0{,}017890)^2}{0{,}9094} + \frac{(0{,}03288)^2}{0{,}54335} = 0{,}00035194 + 0{,}0019905 = 0{,}0023424,$$

also wenig größer ausfällt.

# Mittheilungen von der Londoner Industrie-Ausstellung vom Jahre 1862.

Von

H. Bollinger, Constructeur der Teesdale-Eisenwerke zu Stockton am Tees.

(Hierzu Tafel 2 und 3.)

## Maschine zum Eintheilen der Waagebalken.

Die Nasmyth'sche Längentheilmaschine, hauptsächlich zum Eintheilen größerer Waagebalken bestimmt, ist durch die Skizzen Fig. 1, 2 und 3, Taf. 2, veranschaulicht. An dem auf zwei Ständern a gelagerten Bette b sind die beiden Einspannvorrichtungen c angebracht, durch welche der mit Einschnitten zu versehende Waagebalken d festgehalten wird. Der Schlitten e ist, ähnlich wie bei den sogenannten Feilmaschinen, mit einem Stoßapparate f versehen, dem vermittelst Räderübersetzung g von der durch Riemen betriebenen Welle h eine hin- und hergehende Bewegung ertheilt wird. Die der Eintheilung entsprechende horizontale Verschiebung des Schlittens e geschieht durch eine diagonal in der Bettplatte b gelagerte Schraubenspindel i, welche unter Vermittelung des Wechselräderwerkes k von der Schaltvorrichtung l aus absetzend in Umdrehung gesetzt wird.

Ebenso wie die früher beschriebene selbstwirkende Lochmaschine von Nasmyth ist auch diese Maschine mit einem Differentialtheilapparate versehen, welcher in dem Schlitten e gelagert ist; derselbe war in der ausgestellten Maschine jedoch verdeckt und mag etwa die durch Fig. 3 angedeutete Anordnung gehabt haben. Die vermittelst der Schraubenspindel i in Bewegung gesetzte Mutter m ist in einer cylindrischen Büchse n gelagert und letztere steht mit dem Schlitten e durch den um o drehbaren Hebel p in Verbindung, welcher vermittelst einer Stellschraube unter einem beliebigen Winkel festgestellt werden kann. Es ist nun leicht einzusehen, wie durch Combination der Wechselräder und Verstellung des Hebels p innerhalb gewisser Grenzen beliebige Theilungen ermöglicht sind.

## Schraubenschneid-Maschinen.

Vor Allem ist hier die von Sharp, Stewart & Comp. in drei verschiedenen Größen ausgestellte Maschine des Amerikaners Sellers zu erwähnen, welche sich dadurch vor den bisher üblichen Maschinen dieser Art auszeichnet, daß damit genaue und vollständig geschnittene Schraubenbolzen in verhältnißmäßig kurzer Zeit erzeugt werden können.

Fig. 4 (Taf. 2) zeigt die vordere Ansicht und Fig. 5 einen Längenschnitt dieser Maschine, während durch Fig. 6 der Querschnitt des trogförmigen Gestelles a, und die äußere Ansicht des in Fig. 5 im Durchschnitte veranschaulichten Muttern- oder Bolzenhalters dargestellt wird; Fig. 12 und 13, Taf. 3, führen die Construction der Schneidkluppe und Fig. 14 die Ansicht eines Schneidstahles vor Augen; Fig. 11 und 12, Taf. 2, bilden den Durchschnitt und die Endansicht eines Gewindbohrerhalters.

Die Schneidbacken b sind in den radialen Schlitzen der am Ende der hohlen Axe c gebildeten Scheibe d verschiebbar gelagert; diese Scheibe sowohl, als auch die Axe c sind von einer zweiten hohlen Axe e mit Scheibe f umgeben, und auf letzterer sind durch Schrauben drei Excentriksegmente g angebracht. Parallel mit diesen sind drei Federn h excentrisch gegen die an die Scheibe f geschraubte Deckplatte i befestigt, und es sind die Schneidstähle b (Fig. 14) auf einer Seite mit einem der Breite der Federn h entsprechenden Ausschnitte versehen. Um die Backen b auswechseln zu können, ohne den Deckel i entfernen zu müssen, lassen sich die beiden Scheiben d und f in eine solche Stellung bringen, daß die Schlitze l über die zwischen den Federn h gelassenen Zwischenräume zu stehen kommen, und um einem Herausfallen der Backen vorzubeugen, werden drei Stifte r in die Deckplatte i geschraubt.

Die so gebildete Excentrikbüchse oder Schneidkluppe dreht sich in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung um, indem die Bewegung von der durch Stufenscheiben m in Umdrehung gesetzten Axe dem Getriebe o und von diesem dem Zahnrade p mitgetheilt wird, welches letztere durch zwei Kuppelungsarme q mit der hohlen Axe c in Verbindung steht. Das Zahnrad p ist am Umfange mit Theilstrichen versehen, um ein genaues Feststellen der Kuppelungsarme q zu erleichtern. Die Nabe des Zahnrades p

bildet auf der einen Seite einen Ansatz s, welcher sich in einer am Zahnrade t angebrachten Klaue bewegen kann, so daß die beiden hohlen Axen c und e sich mit derselben Winkelgeschwindigkeit umdrehen müssen, sobald der Ansatz s den Spielraum in der Klaue durchlaufen hat und mit letzterer in Berührung kommt.

Um einen Bolzen zu schneiden, wird derselbe in den Bolzenhalter (Fig. 6) eingespannt und zwischen die Schneidstähle b geführt. Sobald aber eine genügende Länge geschnitten ist, wird das mit einer Frictionskuppelung versehene Getriebe u vermittelst des Handhebels r eingerückt; hierdurch wird sich das Zahnrad t in Folge seines kleinern Durchmessers mit größerer Winkelgeschwindigkeit drehen und folglich auch die Scheibe f der Excentrikbüchse den mit der innern Axe c und der Scheibe d verbundenen Theilen vorlaufen; es werden also die Schneidbacken b zurückgezogen und der fertige Bolzen kann entfernt werden. Um es zu ermöglichen, den Bolzen während eines Durchganges zu vollenden, werden die Schneidbacken vor dem Härten mit einem vollständigen Gewinde versehen und es werden vermittelst einer konisch geformten Reibahle die Schneidezähne von der Seite aus, von der die Bolzen eingeführt werden, theilweise entfernt, so daß jeder einzelne Zahn einen Theil der Arbeit übernimmt. Hat z. B. jeder Backen 6 Zähne, sind folglich im Ganzen 18 Zähne vorhanden, so wird das Gewinde durch 18 kleine aufeinanderfolgende Schnitte gebildet.

Wird die Maschine zum Mutterschneiden benutzt, so werden die Schneidstähle herausgenommen und dafür wird ein Gewindbohrerhalter, Fig. 11 und 12, in der hohlen Welle c durch einen die Stelle eines Schneidbackens einnehmenden Stahl festgehalten.

Der Schrauben- oder Mutternhalter (Fig. 6) bewegt sich lose auf dem trogförmigen Gestelle, welches auf einer Seite mit der Zahnstange w versehen ist; ein mit Handhebel x und Gegengewicht versehener Sperrhaken dient dazu, den beim Anfange des Schneidens erforderlichen Druck gegen die Schneidstähle zu vermiteln.

Die zu schneidenden Bolzen oder Muttern werden durch Backen y festgehalten, welche letztere durch rechts- und linksgängige, auf beiden Seiten zur Hälfte im Gußstücke und zur Hälfte in den Gleitstücken gelagerte Schrauben verstellbar sind. Da es sehr wichtig ist, daß die Backen y genau mit der Axe der Spindel übereinstimmen, so werden dieselben am besten an ihrem Platze ausgebohrt und dann die Ecken ausgestoßen.

Diese Maschine kann 900 Schraubenbolzen von $^3/_4$ Zoll Durchmesser und $1^3/_8$ Zoll Gewindlänge in $10^1/_2$ Stunden schneiden, während mit gewöhnlichen Schraubenschneidemaschinen in derselben Zeit blos 500 Bolzen angefertigt werden können. Dieser bedeutende Unterschied wird auch sehr erklärlich, wenn man in Betracht zieht, daß die Bolzen bei einmaligem Durchgange geschnitten werden und kein zeitraubender Rückgang erforderlich ist.

## Schraubenschneid-Drehbank von Smith & Coventry.

Die Schraubenschneid-Drehbank von Smith & Coventry in Manchester ist durch Fig. 7, 8, 9 und 10 (Taf. 2) dargestellt, und zwar bildet Fig. 7 die äußere und theilweise durchschnitten gedachte Ansicht, Fig. 8 den Querschnitt des Bettes und Ansicht des Schneidbackenhalters; Fig. 9 und 10 zeigen Durchschnitte des letzteren Apparates in größerm Maaßstabe. Während sich bei der eben beschriebenen Maschine von Sellers die Schneidkluppe dreht und die Bolzen festgehalten werden, wird bei dieser Maschine der Bolzen in Umdrehung gesetzt und der Schneidapparat nimmt blos eine gleitende Bewegung auf dem Bette an.

Die Kluppe oder Excentrikbüchse ist folgendermaaßen zusammengesetzt: drei Schneidstähle a (Fig. 9 und 10) sind in radial laufenden Ausschnitten der durch Einsatz gehärteten schmiedeisernen Scheibe b gelagert. Das mit einem Schlitten d versehene Gußstück c ist von einem beweglichen Ringe e umgeben, welcher die mit excentrischen Federn f versehenen Stücke g festhält; diese Federn wirken also bei der Umdrehung des Ringes e auf die Schneidstähle a, so daß letztere gleichzeitig in radialer Richtung verstellt werden können. Die schmiedeiserne ringförmige Scheibe b ist durch die Schraubenbolzen h mit dem Gußstücke c unbeweglich verbunden, während die mit den Bolzen h festgehaltene Platte i die beweglichen, mit Federn versehenen Stücke g bedeckt. Der äußere, warm aufgezogene Ring e ist durch einen Handhebel k verstellbar, und um die Schneidstähle während der Arbeit in derselben Stellung zu erhalten, ist das Gewicht l durch eine Kette m mit dem Ringe e verbunden. Damit die Kette nebst dem Gewichte l nicht mit dem Bette der Maschine in Berührung kommen, ist erstere über eine seitlich in dem Gußstücke c gelagerte Rolle m geleitet. Auf der hintern Seite des Gußstückes c ist eine zur Aufnahme des Bolzens n dienende Nuthe o angebracht, so daß das Stück p beliebig verstellt werden kann, um durch Vermittlung eines an dem Ringe e befindlichen Ansatzes der Bewegung der Schneidbacken eine Grenze zu setzen; überdies ist die Nuthe noch mit Eintheilungen versehen, um das genaue Verstellen des Stückes p zu erleichtern.

Aehnlich, wie bei der vorher beschriebenen Maschine von Sellers werden auch hier die Zähne der Schneidbacken mit einer konischen Reibahle theilweise entfernt, so daß die Arbeit auf alle Zähne gleichmäßig vertheilt wird.

Das Bett dieser Maschine ist gewöhnlich trogförmig, um das zum Schmieren benutzte Seifenwasser aufzunehmen, welches durch eine gekrümmte Röhre q wieder in ein Gefäß abgelassen werden kann, oder man bringt seitlich eine

(von der Transmission aus) getriebene kleine Pumpe an, welche einen continuirlichen Strom Schmiermaterial unterhält.

Diese Maschine ist einfacher construirt, als die vorher beschriebene und kann in verschiedenen Anordnungen ausgeführt werden, was blos angedeutet zu werden braucht.

Es kann nämlich der Apparat auf jeder gewöhnlichen Drehbank angebracht werden, ferner kann derselbe, um Gewinde schnell und genau anzufertigen, auf den mit Leitspindeln versehenen Schraubenschneid-Drehbänken mit Vortheil angewendet werden, und endlich noch in Verbindung mit einer gewöhnlichen Schraubenschneidmaschine gebracht werden, indem man es durch eine hohle Spindel ermöglicht, auch sehr lange Bolzen zu schneiden.

Mittelst eines solchen Apparates können selbst Bolzen von 3 Zoll (engl.) Durchmesser während einmaligen Durchganges geschnitten werden; doch zieht man es vor, Bolzen von dieser Größe zweimal durchgehen zu lassen, um ein sauberes Gewinde zu erzielen. Auch für Schrauben mit flachem Gewinde läßt sich dieser Apparat anwenden, vorausgesetzt, daß man das beste Material benutzt, weil sonst das Gewinde leicht ausreißt.

## Räderschneidmaschinen.

### Räderschneidemaschine von Gebr. Schultz in Mainz.

Die Räderschneidemaschine von Gebr. Schultz in Mainz ist durch Fig. 3 (Taf. 3) in einer, theilweise im Durchschnitte gezeichneten Ansicht, und durch Fig. 4 im Aufrisse veranschaulicht. Aehnlich, wie man auf Drehbänken Wurmräder fräßt, indem man das Rad auf dem Supporte drehbar festspannt und den mit Zähnen versehenen, zwischen den Körnerspitzen eingespannten Wurm auf die Peripherie einwirken läßt, so können mit dieser Maschine Wurmräder geschnitten werden, oder auch Zahnräder, indem man der Axe des Wurmes eine dem Steigungswinkel des Gewindes entsprechende Neigung giebt.

Der mit Zähnen versehene, gehärtete Wurm a ist auf einer, sich in den Lagern b drehenden Axe c festgekeilt und kann vermittelst des Schlittens d an dem Ständer e auf und nieder bewegt werden; letzterer ist durch kreisförmige Fußstücke f verstellbar mit dem Sattel g verbunden, welcher auf dem Bette h befestigt ist. Der Betrieb der Maschine geschieht durch einen Riemen, welcher die Riemenscheibe i und folglich auch die Welle k und das Zahnrad l in Umdrehung setzt. Um von hier aus die Bewegung auf die, ihre Stellung verändernde, Axe c zu übertragen, sind die Gelenkstücke m $m_1$ angebracht, wodurch das auf dem Bolzen n sich lose drehende Zwischenrad o die Bewegung fortwährend von dem Zahnrade l dem Rade p mittheilt.

Die Bewegung des Schlittens d kann entweder von Hand geschehen, oder es kann dieselbe auch selbstthätig bewirkt werden, indem ein Riemen von der Scheibe q aus eine Riemenscheibe $q_1$ in Umdrehung setzt; das auf derselben Axe mit $q_1$ befestigte Getriebe r wird nun das Zahnrad s umtreiben, worauf ein Wurm t das auf der Schraubenspindel u befindliche Wurmrädchen v bewegt.

Auf dem Bette h ist ein Schlitten w gelagert, auf welchem die zu schneidenden Räder lose um einen verticalen Zapfen x drehbar befestigt werden, während ein verstellbarer Holzblock y als Unterstützung dient. Das Schneiden der Zähne wird dadurch bewerkstelligt, daß man den Wurm a in Umdrehung setzt, den Schlitten w allmälig näher rückt und zugleich den Wurm selbst niedergehen läßt. Bei größern Rädern wird die Form der Zähne annähernd im Guſſe dargestellt und dann mit der Maschine nachgeschnitten, während bei kleinen Rädern die Zähne vollständig ausgeschnitten werden.

Obgleich diese Maschine durch den Wegfall der sonst üblichen Wechselräder minder kostspielig sein wird, als andere Räderschneidmaschinen, so muß aber doch bemerkt werden, daß eine genaue Theilung hier zu viel von der Gleichförmigkeit des Materials im Gußstücke abhängig gemacht ist, als daß man gerechtfertigt wäre, einen unbedeutenden Kostenunterschied zu berücksichtigen. Um eine genaue Theilung hervorzubringen, ist es unbedingt nöthig, daß das zu schneidende Rad eine bestimmt vorgeschriebene Bewegung in Uebereinstimmung mit derjenigen des Wurmes mache, sich aber nicht frei bewege.

### Räderschneidmaschine von Jos. Whitworth u. Comp. in Manchester.

Eine andere Räderschneidmaschine (Fig. 5—11, Taf. 3) war durch Jos. Whitworth & Comp. in Manchester ausgestellt.

Fig. 5 zeigt dieselbe im Aufriß, Fig. 7 im Grundriß, Fig. 6 in der Seitenansicht und Fig. 9 im Durchschnitte, und Fig. 8, 10 und 11 sind dazu gehörige Details. Das Bett a ist wie bei Drehbänken durch die beiden Ständer b unterstützt, und zur Befestigung des Schneidapparates ist dasselbe an einem Ende mit einem angegossenen Arme c versehen. Auf dem Bette a befindet sich der verstellbare Reitstock d, welcher das zu gleicher Zeit als Theilrad dienende Wurmrad e unterstützt. Letzteres ist auf einer hohlen Spindel befestigt, auf deren anderem Ende das zu schneidende Rad durch einen Bolzen f aufgespannt werden kann. Der Reitstock d ist durch eine Schraubenspindel g verstellbar und kann vermittelst des Bolzens h an dem Bette befestigt werden. Die der Theilung des zu schneidenden Rades entsprechende theilweise Umdrehung desselben wird durch Bewegung der klinkenartigen Handkurbel i hervorgebracht, welche durch eine Axe mit dem Wechselräderwerke k (Fig. 8) in Verbindung steht, und Letzteres theilt die Bewegung dem

# Ueber die Beseitigung des Felsens La Rose im Hafen von Brest.

Von

**Verrier, Wasserbau-Ingenieur.**

(Nach den Annales du Génie Civil, Octob. 1863.)

Die Sprengung des Felsens La Rose*) war erforderlich, um aus dem Fahrwasser im Eingange des Kriegshafens zu Brest eine Klippe zu beseitigen, welche es in zwei unegale Hälften theilte und den Schiffen, namentlich denen von großer Kiellänge, beim Ein- und Auslaufen große Schwierigkeiten bereitete. Der Felsen La Rose besteht aus sehr festem, dichtem Gneiß mit Quarzadern, und bildete einen elliptischen Berg, dessen Rücken nur 0,77 Meter unter dem Niedrigwasserstande der Aequinoctialperiode lag, und dessen Seiten sich bei 5 bis 6 Meter unter dem Meeresspiegel unter den Sandboden senkten, welcher den Grund bildet.

Man hat den Felsen bis auf die Sandschicht oder vielmehr noch etwas tiefer abgesprengt, damit der Sand Gelegenheit erhalte, sich darüber abzulagern, und sich so ein Bett herstellen könne, welches im Falle des Auflaufens eines Schiffes den Stoß abzuschwächen im Stande wäre. Man hat auch darauf gesehen, auf der Seite des großen Canals etwas mehr Tiefe herzustellen, als auf der Seite des engen Canales, und dem Grunde des Hafens einen solchen Abhang zu geben, daß die Thalwege der beiden Canäle unmerklich in einander verlaufen.

Das bei den Sprengarbeiten befolgte Verfahren bestand darin, daß Pulvermengen von 50 bis 60 Kilogrammen in steinernen Flaschen oder Säureballons durch Taucher mit Skaphander zur Fluthzeit auf die Stellen des Felsens gelegt wurden, welche weggesprengt werden sollten. Zur Entzündung bediente man sich der Sicherheits- oder Bickford'schen Zündschnuren mit Guttaperchahülle, welche eine regelmäßig und auch unter Wasser abbrennende Feuerwerkercomposition enthalten.

Die abgesprengten Massen durften nicht blos weggeräumt und um den Felsen herum ausgestreut werden, weil man sonst die Canäle zur Seite in ihrer Fahrwassertiefe beeinträchtigt hätte, man mußte sie vielmehr aus dem Wasser ziehen und bediente sich dazu eines Hebezeuges und eines Tauchers, welcher die Steine, je nach ihrer Größe, mit der Zange faßte oder in durchlochte eiserne Gefäße füllte. Es geschah dies stets in der Zeit zwischen Ebbe und Mittelfluth, um die Taucher nicht zu sehr anzustrengen und ihnen die Arbeit dadurch zu erleichtern, daß sie genügendes Licht hatten.

Das Gerüst, welches die Hebewerkzeuge, die Luftpumpe für den Skaphander, verschiedene andere Apparate und die Cajüte zum Umkleiden der Taucher trug, bestand aus zwei Flößen von 12,6 Meter Länge und 3,6 Meter Breite, welche parallel zu einander derartig verbunden waren, daß ein Zwischenraum von 2 Meter Breite und 10 Meter Länge übrig blieb, in welchem die Leitern der Taucher gehandhabt wurden. Dieses Gerüst wurde an den vier Ecken an ebensoviel Ankern festgehalten, welche in einigem Abstande vom Felsen versenkt waren, und es war bei dieser Anordnung möglich, das Gerüst schnell zu versetzen, wenn man an einer andern Stelle des Felsens arbeiten wollte, und die Flöße ganz wegzunehmen, sie aber auch eben so schnell wieder an Ort und Stelle zu bringen, wenn dies beim Ein- oder Auslaufen eines großen Schiffes erforderlich war.

Ein Arbeiterposten bestand aus 10 Mann, incl. Aufseher; außerdem waren aber immer sechs bis acht Taucher beschäftigt, welche sich bei der Taucherarbeit ablösten, und in der Zwischenzeit an der Luftpumpe und dem Hebezeug arbeiteten, sowie mit der Leitung des Luftschlauches und des Signalseiles des Tauchers beschäftigt waren. Da der beschränkte Raum auf dem schwimmenden Gerüste es nicht wohl zuließ, daß gleichzeitig zwei Taucher mit allen Hilfsapparaten in Function traten, und die allzu große Nähe, in welcher sich zwei Taucher im Meeresgrunde bei einander befunden haben würden, leicht Unfälle hätte herbeiführen können, oder wenigstens die Furcht davor, die Leistung der Taucher verringert haben würde, so war immer nur ein Taucher auf einmal in Thätigkeit.

Man arbeitete täglich 6 bis 8 Stunden an der Heraufholung des Felsgesteins (3 bis $3^1/_2$ Stunden vor der Ebbezeit und ebensoviel nach derselben) und brauchte dazu drei Taucher, welche nacheinander arbeiteten, also jeder etwa 2 Stunden

*) Eine Notiz hierüber gaben wir bereits im Notizblatte zum V. Bande d. Zeitsch. auf S. 65. D. Red.

unter dem Wasser blieben, theils ohne Unterbrechung, theils mit Pause. Man gewann im Durchschnitt 2 Cubikmeter lose Masse, was nach vorgenommenen Versuchen 1,6 Cubikmeter anstehenden Felsens entspricht. Jeder Taucher empfing außer seinem gewöhnlichen Lohn als Hafenarbeiter pro Minute Zeit, die er unter dem Wasser zubrachte, eine Zulage von 0,04 Fr. in den sechs warmen und von 0,045 Fr. in den übrigen Monaten des Jahres.

Die Zahl der bei der Fluthzeit, d. h. unter einem Wasserstande von 7 bis 13 Meter Tiefe, abgefeuerten Minen betrug durchschnittlich zwölf pro Monat, oder täglich zwei in den sechs Tagen um die Syzygien herum. Man hatte mehr Minen sprengen können, wenn dieselben nicht so viel lose Masse geliefert hätten, als sich bei der beschriebenen Anordnung der Aufholung täglich gewinnen ließ.

Die Sprengarbeiten begannen am 8. April 1857, jedoch dauerte es bis zum 19. Mai desselben Jahres, ehe die Arbeit so vollständig in Gang gebracht war, daß continuirlich gearbeitet werden konnte; beendet wurden sie am 21. Sept. 1861. In dieser Zeit von 4 Jahren und 4 Monaten hat die Arbeit nur während der freilich noch ziemlich häufigen Stillstandszeiten geruht, welche durch Sonn- und Feiertage, durch stürmisches Wetter, welches die Taucherarbeiten unmöglich machte, und durch die Nothwendigkeit der Verrückung des Gerüstes herbeigeführt wurden.

Die gewonnene Masse wurde sorgfältig cubicirt, um die zu verschiedenen Zeiten stattgefundene Leistung gehörig beurtheilen zu können. Das gemessene Volumen betrug am Ende der Arbeit 2487 Cubikmeter, was mit Rücksicht auf die kleinen, rings herum ausgestreuten und im Sande versunkenen Gesteinsplitter und Bruchstücken jedenfalls auf 2500 Cubikmeter zu erhöhen sein dürfte. Es entspricht dieses Volumen, nach dem oben bereits angegebenen Schüttungsverhältniß des Gneußes, einer anstehenden Masse von 2000 Cubikmetern, was auch gut mit den Resultaten der Peilungen züsammenstimmt, welche vor und nach der Sprengarbeit ausgeführt wurden, wenn man nämlich berücksichtigt, daß die Unregelmäßigkeit der Oberfläche des Felsens und die Schwierigkeit, die Peilungen zu verschiedenen Zeiten genau an derselben Stelle vorzunehmen, die Resultate dieser Messungen nothwendig etwas unsicher machen müssen.

Der gesammte Kostenaufwand für die Beseitigung des Felsens La Rose hat 64502 Fr. 30 Cent. betragen und zerfällt in folgende Posten:

| | |
|---|---|
| Löhne . . . . . . . . . . . | 24373,70 Frs. |
| Materialien (besonders Pulver, wovon 25872 Kilogr. verbraucht wurden) | 35210,12 „ |
| Taucherkleidung, sammt Zubehör . . | 3605,40 „ |
| Verschiedene Apparate (Seile, Flaschen, Leitern u. s. w.) . . . . . | 1313,08 „ |
| Summa | 64502,30 Frs. |

Hierzu kommt noch hinzu, um wieviel die Apparate an Werth verloren haben, und die Interessen des Capitals, welches darin steckt. Die jährliche Verminderung des Werthes kann bei dem Gerüste auf $^1/_{10}$ des Gestehungswerthes, welcher 3800 Frs. betrug, bei den Ankern und Ketten, und dem Hebezeuge und Skaphander, welche zusammen 6170 Frs. kosteten, auf $^1/_{20}$ des Gestehungswerthes abgeschätzt werden und beträgt also für 4 Jahre und 4 Monate

| | |
|---|---|
| bei dem Gerüste . . . . . . . . | 1646,67 Frs. |
| bei Ankern, Ketten u. s. w. . . . . | 1336,87 „ |
| Summa | 2983,54 Frs. |

Da das Anlagecapital 9970 Frs. betrug, so ergiebt sich ferner

für Verzinsung des Capitals à 5 % 2160,17 Francs

und es belaufen sich somit die gesammten Kosten auf

64502,30 + 2983,54 + 2160,17 = 69646,01 Francs.

Repartirt man diesen Aufwand auf die Zahl (2000) der Cubikmeter abgesprengten Felsens, so erhält man pro Cubikmeter

34 Frs. 72 Cent. oder rund 31 Frs.

Da im Ganzen 25872 Kilogr. Pulver verbraucht wurden, so ergiebt sich durchschnittlich zur Gewinnung von 1 Cub.-Meter anstehenden Gesteins ein Pulververbrauch von

12,94 Kilogrammen.

Dieser Verbrauch blieb sich während der ganzen Dauer der Arbeit ziemlich gleich, da der höhere Widerstand, welchen der Fels beim Vordringen ins Innere etwa der Lostrennung entgegensetzte, durch die bessere Wirkung der Ladung unter dem höheren Wasserstande ausgeglichen wurde.

Von Skaphandern kam blos der Siebe'sche (London, Denmark-street, 5) in Anwendung. Ein solcher kostet, incl. zweier wasserdichter Anzüge und sämmtlichen Zubehörs, in Brest 3200 Francs.

Für die Oberflächenminen verwendete ich erst cylindrische Blechbüchsen von 1,5 Millimeter Stärke mit leicht gewölbten und dicht gelötheten Deckeln. Die besten Erfolge schien mir eine Ladung von 50 bis 55 Kilogrammen in Büchsen von 45 Centimeter Durchmesser und 35 Centimeter Höhe mit 2,5 Centim. Wölbung im Deckel und Boden zu geben. Ich wendete aber später statt der Blechbüchsen, welche pro Stück 20 bis 22 Frs. kosteten, steinerne Krüge an, wie sie zum Transport der Säuren verwendet werden und in Brest immer in Menge vorräthig sind. Diese Krüge (touques), deren Preis zu 1,5 Frs. angesetzt wird, haben für die Marine fast gar keinen Werth, da sie schwer zu verkaufen sind; sie faßten 48 bis 50 Kilogr. Pulver und die Erfahrung hat gezeigt, daß ihre Leistung eben so befriedigend war, als die bei den Blechbüchsen, weshalb diese später nicht mehr angewandt wurden.

Der Korb, welcher jeden Krug umgiebt, erleichtert die Befestigung des Fadennetzes, mittelst dessen man den an einen Haken gehangenen und gehörig mit Eisen belasteten Krug dem Taucher hinabläßt. Letzterer legt ihn auf diejenige Stelle, wo die Explosion die beste Wirkung geben kann, macht ihn fest, bedeckt ihn mit Steinen und bindet das Seil los, mit welchem er hinabgelassen wurde. Damit aber der Krug in unmittelbare Berührung mit dem Felsen kommt, was für die Wirkung sehr wichtig ist, so entfernt man erst den Boden des Korbes und die untere Zone seiner Seitenwände, so daß dann zwischen dem Felsen und dem Kruge keine Wasserschicht existirt.

Bei den Blechbüchsen wie bei den Krügen wird die Oeffnung durch einen gutschließenden, sorgfältig in Pech (mastic) getauchten Kork mit zwei Löchern verschlossen, in denen sich zwei mit Guttapercha überzogene Stücken Bickford'sche Zündschnur Nr. 2 scharf eingezogen befinden. Diese Art Zündschnur, welche in Brest 0,23 Fr. pro Meter kostet, brennt sehr regelmäßig und mit solcher Kraft, daß sie durch den Wasserdruck von 10 Metern, in welcher Tiefe gesprengt wurde, nicht auslöscht; doch habe ich der Sicherheit wegen immer lieber zwei Zünder an jedem Kasten oder Kruge angebracht und gleichzeitig angesteckt, damit die Zündung auch zuverlässig erfolge. Von den 86 Minen, welche im Ganzen von Beginn der Arbeit bis Ende Juni 1858 entzündet wurden, hat zwar keine einzige versagt, aber es gab doch drei oder vier darunter, bei denen blos die eine Zündschnur auf die ganze Länge abgebrannt war, ohne daß man übrigens irgend einen Fehler an den Schnüren bemerkt hätte. Diese beiden Stücken Zündschnur werden von Meter zu Meter locker an einem Strickchen angebunden, welches an dem um den Kasten gelegten Stricke befestigt ist. Am andern Ende dieses Strickes befindet sich ein aus einem Stück Bret gebildeter Schwimmer, und die Enden der Zünder gehen durch Löcher in diesem Brette, damit die Schnuren vertical bleiben und sich nicht verschlingen oder Knoten bilden können, welche Ursache zum Auslöschen geben könnten. Das obere Ende jeder Zündschnur ist mit einem Stück in Fett getauchter Leinwand zu umwickeln, um es während der Befestigung und Aufstellung der Pulverbüchsen gegen das Naßwerden zu schützen, welches das Anzünden erschwert, resp. unmöglich macht.

Eine solche 10 Meter lange Zündschnur brennt 13 Minuten, was Zeit genug ist, um die zusammengekuppelten Flöße auseinander zu nehmen.

Ich habe diese Methode der Anzündung derjenigen mittelst des elektrischen Funkens vorgezogen, weil es mir schien, als würden die Vorzüge, welche diese Methode unbestreitbar bei feststehenden Minen besitzt, durch die beträchtlichen Unbequemlichkeiten und wirklichen Gefahren aufgewogen, welche in vorliegendem Falle eintreten konnten. Die Entzündung mittelst des elektrischen Funkens geschieht nur dann mit Sicherheit, wenn in die Leitung und mitten in das Pulver eine Statcham'sche oder Ruhmkorff'sche Patrone oder sonst ein sehr explodirendes Gemisch eingelegt werden kann; es ist aber einleuchtend, wie bedenklich die Anwendung solch eines schon durch Stoß, Druck oder Reibung explodirenden Gemisches sein müßte, wenn dasselbe in einer bedeutenden Pulvermasse eingeschlossen aus einem entfernten Laboratorium bis an Ort und Stelle, und zwar durch den Kriegs- und Handelshafen der Länge nach hindurch transportirt werden sollte. Ueberdies hätte der mindestens 30 Meter lang zu nehmende Leitungsdrath in Folge der starken Strömung an der Mündung der Penfeld und besonders wegen der vielen darin herumschwimmenden und während der Vorbereitungsarbeiten jedenfalls an den Drähten hängen bleibenden Algen sehr bedeutende Dehnungen auszuhalten gehabt und es wäre zu befürchten gewesen, daß dadurch die Pulverbüchse von dem ihr angewiesenen Orte fortgerückt und ihr Effect geschwächt, oder auch daß der Stöpsel losgehen und das Pulver ersäuft werden würde. Endlich ist noch zu bedenken, daß selbst die geübtesten Ingenieure bei der Zündung mit dem elektrischen Funken den Erfolg nicht völlig garantiren können, während bei der Sprengung am Felsen La Rose keine einzige Mine versagt hat.

Was die Leistung anlangt, so zeigte sich, daß dieselbe entschieden mit der Größe der über den Büchsen befindlichen Wasserdecke zunahm, weshalb ich die Sprengungen nie anders vornehmen ließ, als zur Fluthzeit, wo wenigstens 9,5 Meter Wasser über der Ladung standen.

---

# Ueber die Explosion des Kessels der Locomotive Sulza auf der Thüringer Eisenbahn in Leipzig am 30. November 1863.

Die Locomotive Sulza läuft auf der Strecke Leipzig-Gera und sollte am 30. November Morgens, von dem Locomotivschuppen aus, sich vor den gegen fünf Uhr von Leipzig abgehenden Zug setzen. Sie hatte dabei, indem sie vorwärts fuhr, eine Ausweiche zu passiren und dann zurück in die Halle zu fahren; als sie eben die Ausweiche, welche auf einem ziemlich freien Platze belegen, überschritten hatte und der Locomotivführer, wahrscheinlich ziemlich schnellen Tempo's fahrend, die Maschine durch Reversion des Hebels schneller zu hemmen suchte, explodirte der Kessel unterhalb längs der ganzen Mittelnaht, so daß die Maschine vom Geleise gehoben, umgekantet und neben der Bahn auf die Seite geworfen, liegen blieb. Locomotivführer und Feuermann wurden zurück in den Kohlenraum des Tenders geschleudert und während Ersterer mit dem Schrecken davonkam, erlitt Letzterer eine Quetschung an einem Fuße, wobei ein Zehen verloren ging. Eine Störung des Betriebes ist weiter nicht entstanden, da weder eine Beschädigung noch Versperrung der Bahn eingetreten war.

Die Locomotive Sulza trägt die Nr. 522, ist aus der Fabrik von Robert Stephenson & Comp. in New-Castle on Tyne hervorgegangen und im Jahre 1848 dem Betriebe übergeben worden, der Kessel hat also ein Dienstalter von ca. 15 Jahren. Es ist eine Güterzugmaschine mit 2 gekuppelten Treib- und 3 vor der Feuerbüchse liegenden Axen und 14zölligen Cylindern; der cylindrische Kessel hat einen Durchmesser von 41 Zoll bei einer Länge von 13 Fuß preußisch.

Durch eine Hauptreparatur empfing die Maschine eine neue kupferne Feuerbüchse, welche noch ziemlich gut erhalten erscheint, auch sind die messingenen Siederohre noch ziemlich neu und viel jüngern Datums, als die Feuerkiste, dabei sind sie fast gar nicht von Kesselstein inkrustirt, da sie erst ca. 1800 Meilen zurückgelegt haben.

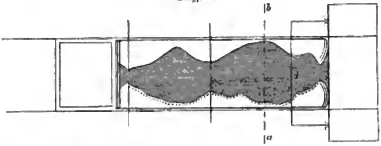
Der zersprengte cylindrische Kessel war in seinem Umfang aus 6 Tafeln von ca. 21 Zoll Breite und von der Länge des ganzen Kessels zusammengesetzt, siehe Skizze 1, so daß sechs einfache Nietreihen ohne Unterbrechung oder Ringverstärkung sich über den ganzen Kessel erstrecken, an deren unterster bei a das Blech, ohne die Nietreihe zu beschädigen, zerrissen war. Die Kesselconstruction ist insofern eine mangelhafte, als die Walzenfaser der Bleche nicht auf absolute Festigkeit durch die Dampfspannung in Anspruch genommen war. Nach der Explosion hatte die Oeffnung die in Skizze 2 dargestellte Form angenommen, und zwar hatten sich die getrennten Enden des Bleches so weit von einander entfernt, bis ihrer Bewegung durch die Gestellframes und die Axen eine Grenze gesetzt wurde, so daß das Röhrensystem blosgelegt und 10 Stück Siederöhren aus der Rohrwand des Feuerkastens herausgerissen und, soweit es die mittlere Axe gestattete, hinausgeschleudert waren, wodurch sie sehr gekrümmt und theilweis durch das Anschlagen an der Axe platt gedrückt waren. Der Kesselring von Winkeleisen am Feuerbüchsmantel war ganz geblieben, an einem Theil seines Umfanges indessen das Blech losgetrennt, während derjenige am Rauchkasten auseinandergerissen und beide Enden stark abgebogen, auch mehrere Nieten desselben abgesprungen waren. Ungefähr 4 Fuß vom Rauchkasten bei b hatte der Riß die weiteste Oeffnung von 39 Zoll angenommen, wo muthmaßlich auch die Trennung des Bleches zuerst vor sich gegangen war, da hier die schwächste Abmessung der Blechstärke an der Bruchfläche sich vorfindet, nämlich von 2 Millimetern, während die stärkste Stelle derselben sich auf 8 Millimeter bemißt. Die ursprüngliche Stärke des Bleches an einer unverletzten Stelle gemessen beträgt 1 Centimeter. Die Bruchfläche selbst bietet ein ziemlich zerschlissenes Bild von dunkler, schmutziger Färbung dar, so daß die Qualität und die Textur des Bruches nicht genügend beobachtet werden konnte, in der Nähe derselben fanden sich die schon vielfach beobachteten muldenartigen Vertiefungen im Bleche vor.

Skizze 1.




Concessionirt war der Kessel zu einer Dampfspannung von 67 Pfund, und es soll der Maximalzeiger des Manometers nach der Explosion auf 72 Pfund gestanden haben, was allerdings nur auf einen nicht viel über das Maaß

Skizze 2.




des Gewöhnlichen hinausgehenden Ueberschuß an Spannung, wie gewöhnlich bei frisch angeheizten und Züge übernehmenden Locomotiven, schließen läßt. Betreffs etwaigen Wassermangels wird von allen Seiten versichert, daß ein solcher nicht obgewaltet habe.

Die Reaction des aus der entstandenen Oeffnung entweichenden Dampfes muß ganz außerordentlich gewesen sein, da die Maschine sich vollständig gehoben, und nachdem die Kuppelung mit dem Tender zerstört, mit dem Führerstande auf den vordern Theil des Tenderuntergestells, welches von Holz construirt ist, gesetzt hat, so daß es, dem Drucke nachgebend, zum Theil abgerissen wurde, ebenso wurden die vordern Tragefedern, namentlich die linke, des Tenders auf der vordern Seite nach unten sehr stark bleibend durchgebogen. Ein Kesselhalter hatte sich durch die Gewalt des Druckes, ohne seine Form wesentlich zu ändern, durch das gesunde Blech an der Stelle seiner Befestigung am Kessel gänzlich hindurchgelocht.

Was nun den Grund der Explosion betrifft, so läßt sich derselbe nur in der größeren Verschwächung der gerissenen Stelle suchen, welche durch die vorgefundenen muldenartigen Vertiefungen im Blech in der Nähe der Nietreihen begründet und als nur dadurch herbeigeführt angesehen werden muß. Dem Entstehen dieser kleinen Excavationen ist schon vielfach nachgespürt worden, dasselbe indessen bis jetzt eigentlich nicht zur Genüge aufgeklärt; man findet sie in der Regel am meisten an den Nähten der Kessel, welche eine dem explodirten ähnliche Zusammenfügung der Blechtafeln haben, und zwar immer nur in den untern Partieen des Kessels in einer Art Rinne oder Lücke, wie bei a, welche durch eine vorstehende Ecke der andern Blechtafel gebildet wird, und es mag gerade an dieser Stelle das Wasser durch Reibung, indem es sich in seinen Wallungen an der Ueberlappung bricht und stößt, oder die fortwährend reibende Berührung losgelöster Kesselsteinstücke eine mechanische Abnutzung verursachen. Vielleicht ist selbst die mehr oder weniger heterogene Beschaffenheit des Blechs nicht ohne Einfluß, oder es findet eine Zersetzung durch etwa sich bildende galvanische Strömungen statt, denn man hat diese Lücken selbst an ganz gleichartigen Maschinen aus derselben Fabrik und von gleichem Alter als ganz verschiedenartig auftretend beobachtet; es fehlt, wie gesagt, bis jetzt noch an der geeigneten Erklärung dieser Erscheinung.

Giebt man nun zu, daß die Verschwächung des Bleches an der Bruchstelle der Art gewesen, daß die Explosion jetzt oder binnen Kurzem auch bei nicht über das gesetzliche Maaß hinausgehender Spannung hätte erfolgen müssen, so ist auch ziemlich sicher, daß das Evenement an der Ausweiche erfolgen mußte, wo der Führer sich des Mittels der Reversion bediente und dadurch auf die Vorgänge im Innern des Kessels influirte, namentlich eine starke Bewegung des Wassers und eine heftige Erschütterung des Kessels, welche die Explosion beschleunigt, hervorgerufen hat, während es nach Erfahrung thatsächlich möglich gewesen wäre, daß der Kessel einem ruhigen Drucke noch einige Zeit widerstanden haben dürfte. Jedenfalls aber ist augenscheinlich wieder einmal die Hand der Vorsehung im Spiele gewesen, um größeres Unglück zu verhüten, und wird man sich dies zur Warnung und Aufmunterung dienen lassen, bei allen Gelegenheiten, namentlich wenn der Kessel vom Röhrensystem befreit ist, die Stärke und Beschaffenheit des Bleches noch genauer und eingehender zu untersuchen, und lieber die Vorsicht, als die Rücksicht auf Sparsamkeit prävaliren zu lassen; denn die Behauptung, daß die bloßen periodisch angestellten Wasserdruckproben eine Sicherheit gegen Explosion nicht so gewähren, als man erwartet, und wenn sie auch mit doppeltem Druck geschähen, gewinnt durch diesen Fall nur noch mehr an Begründung und deshalb wollen wir über diese Wasserdruckproben noch einige Worte der Besprechung hinzufügen. —

Gegen die Kesseldruckproben, so praktisch dieselben in polizeilicher Beziehung erscheinen mögen, läßt sich in der Art ihrer Anwendung manches erinnern, was der Beachtung nicht unwerth erscheint und den guten Zweck hat, darauf hinzuweisen, in wiefern dieselben einigen Modificationen unterworfen werden könnten, wodurch sie in manchen Stücken rationeller sein dürften, ohne die Sicherheit zu beeinträchtigen, wenn letztere nicht sogar dadurch erhöht werden sollte.

(Es braucht wohl nicht bemerkt zu werden, daß hier nur von Druckproben in Anbetracht der Locomotivkessel die Rede sein kann.)

Es ist vorgeschrieben, daß jeder neue Locomotivkessel nach Zurücklegung von 8000, jeder ältere alsdann nach Durchlauf von anderweitigen 5400, unter Umständen und in besonderen Fällen nach specieller Bestimmung von noch geringerer Anzahl Nutzmeilen, ausdrücklich aber nach einem Zeitraume von 3 Jahren vom Datum der formellen Inbetriebsetzung der Locomotive an, der Wasserdruckprobe unter-

worfen werde. Diese Verordnung, welche der Dienstleistung des Locomotivkessels nur in Bezug auf die zurückgelegte reine Zugbeförderung Rechnung trägt und auf der andern Seite nur eine Zeitperiode gelten läßt, scheint den Verhältnissen nicht genau zu entsprechen, da doch noch andere Faktoren auftreten, welche mehr oder weniger berücksichtigt zu werden verdient hätten, und eine frühere oder spätere Prüfung der Kessel bequemer und vortheilhafter, also auch wünschenswerth erscheinen ließen. Es kommt nämlich nicht allein darauf an, wie viele Meilen ein Locomotivkessel zurückgelegt hat und wie lange derselbe nominell dem Betriebe übergeben ist, sondern wie oft derselbe angefeuert, welches Quantum Wasser in demselben zur Verdampfung gelangt ist, ob dieses Wasser rein oder sehr mit Kesselstein ansetzenden Stoffen vermischt oder chemisch verbunden ist, und zuletzt welcher Art das zur Verfeuerung gekommene Brennmaterial gewesen ist. Es gehört ferner zur Beurtheilung des Verschleißes eines Locomotivkessels, daß der von ihm geleistete Reserve- und zuweilen schwere Rangirdienst in Betracht gezogen werde; es kann vorkommen, daß eine Maschine doppelt so viel Rangirdienst thut, als eine andere, vielleicht ganz und gar zu letzterem ausersehen und täglich fast im Feuer ist, also durch die Ungleichmäßigkeit des Zustandes der Feuerung und deren nachtheilige Folgen bekanntlich einer viel größeren Abnutzung unterliegt, als bei regelrechtem, intermittirendem Fahrdienst. Eine Maschine kann ferner als Aushülfsmaschine monatelang gestanden oder in Reparatur gewesen sein und nicht ¼ so viel Meilen in 3 Jahren gethan haben, als eine von derselben Gattung, und muß doch schon probirt werden.

Dies würde nun an sich noch nicht viel zu bedeuten haben, wenn die Wasserdruckprobe in der That gegen alle Eventualitäten wirklich Schutz gewährte und außerdem nicht noch viele Unbequemlichkeiten und Nachtheile mit sich brächte, und sich nicht in manchen Fällen als unzureichend, ja sogar schädlich erwiese. Als ein Beispiel, daß nicht einmal durch die Probe die Beschaffenheit der Siederöhren zu erkennen ist, möge die Thatsache dienen, daß einige Tage nach derselben die Siederöhren zu zerspringen anfingen, auch hatte die Maschine Sulza zwischen der Druckprobe und der Explosion nur erst 1800 Meilen zurückgelegt und muß dieselbe doch genügend bestanden haben. Die Wasserdruckproben können sogar einen nicht sehr ängstlichen oder auch sehr sparsamen Maschinenbeamten, wenn er nicht schon bittere Erfahrungen gemacht hat, zu einem größeren Vertrauen zu einem Kessel, als er eigentlich verdient, verleiten, wovon die Maschine Sulza ebenfalls ein Beispiel zu sein scheint. Die kalte Wasserdruckprobe, öfter wiederholt, hat, was Niemand in Abrede stellen wird, eine direct zerstörende Wirkung, kann in gewissen äußersten Fällen sogar die Veranlassung zur Explosion werden; bei dem steifen unelastischen Drucke, welcher nach dem preußischen Regulativ vom 31. August 1861 sogar auf das Doppelte erhöht ist, leiden namentlich die kupfernen Feuerkisten- und Stehbolzen ganz bedeutend, Vernietungen und alle Arten Dichtungen, welche im Betriebe unter Dampfdruck sich ausgezeichnet lange gehalten haben, werden unter dem doppelten Wasserdruck auf einmal wandelbar. Die Stehbolzen an den oberen Feuerkastenwänden müssen sich strecken, reißen an den Gewinden ein und springen sogar zuweilen in bedenklicher Menge ab. Die Näthe im Feuerkasten und die Siederohrdichtungen fangen an, zu lecken u. s. f. Der betreffende Maschinenbeamte möchte nun gern, daß die Abnahme recht elegant und trocken vor sich gehe, er fängt daher an zu dichten und zu stemmen, bis nach vieler Mühe und Kostenverschwendung und 3 bis 4maliger Versuchsprobe der Kessel endlich dicht erscheint; was dem Kessel indessen durch diese Manipulationen für Schaden gethan ist, ist für den Augenblick nicht immer zu bemessen und zeigt sich vielleicht erst, wenn man nicht mehr geneigt ist, auf die Wasserdruckprobe zurückzufußen. Ein anderer Umstand wäre noch zu beleuchten: Die Maschine, anscheinend noch ausgezeichnet im Stande, ist designirt zur Druckprobe, wird dem Betriebe, dem sie vielleicht gerade jetzt nicht gut lange entbehrlich ist, entzogen, schnell entkleidet und so gut es geht gereinigt und nachgesehen, die Mannlöcher und Zugänge geöffnet und aller Schmuz und Kesselstein nach Kräften entfernt; angenommen nun, die Siederohre sind noch in gutem Zustande, so wäre es weder zweckmäßig noch ökonomisch, dieselben der bloßen Wasserdruckprobe wegen zu entfernen, man revidirt also alle Theile so weit es geht und läßt die Probe vornehmen, die, wie man auch vorher fest überzeugt war, sehr schön ausfällt, und die Maschine wird ohne Weiteres dem Betriebe wieder übergeben. So kann eine Maschine drei, vier solcher Proben durchmachen, ohne daß der Zweck derselben, die Prüfung auf Sicherheit des Kessels, eigentlich erfüllt ist. Dazu gehört doch etwas mehr und zwar, wenn ich einen Locomotivkessel richtig prüfen will, so muß er nicht blos von außen, sondern auch innerlich gänzlich blosgelegt werden, dies nun bei jeder Maschine regelmäßig alle drei Jahre zu thun, wäre unnütz und große Verschwendung. Von der großen Kostspieligkeit der Wasserdruckproben soll hier schließlich ganz abgesehen werden, da Jeder sich dieselben nach den Verhältnissen, welche überall verschieden sein dürften, selbst veranschlagen kann. Man würde deshalb am sichersten und besten verfahren, wenn man die Anordnung von Druckproben dem dafür verantwortlichen Maschinenbeamten ganz allein überließe, welcher das Alter, die Construction, die Beschaffenheit des dazu verwendeten Materials, sowie alle auf die Abnutzung influirenden Verhältnisse und Eigenthümlichkeiten der Feuerung, Speisung und des Betriebes kennen muß, um aus alledem ein Resumé ziehen zu können und die geeignetste, für Sicherheit und Oekonomie vortheilhafteste Zeit der Wasser-

druckprobe zu bestimmen, durch welches System, das sich in vielen Staaten ganz gut bewährt hat, nicht nur dem Publikum und dem Personal, sondern auch den Bahnverwaltungen ein guter Dienst geleistet werden würde, denn nur eine derartige, gründliche Kesselprobe und Revision, bei der der innere Kessel durch Entfernung der Röhren ganz blosgelegt wird, erscheint correct und rationell.

— n —

# Ueber den Tunnelbau.

Von

W. Schleifenbaum, aus Littfeld in Westphalen.

(Hierzu Taf. 4 bis 8.)

Der Tunnelbau gehört bekanntlich zu den schwierigsten Arbeiten des Eisenbahningenieurs und wird häufig unter Leitung oder mindestens unter Zuziehung von Bergleuten ausgeführt, weil die dabei vorkommenden Gesteins- und Zimmerungsarbeiten großentheils auf den bergmännischen Methoden fußen.

Daher darf sich wohl auch der Verfasser dieses Aufsatzes einige Befähigung zur Niederschrift der beim Tunnelbau angewendeten Verfahrungsarten zutrauen, da er nicht nur bei verschiedenen bedeutenden Tunneln mehrere Jahre beschäftigt gewesen ist, sondern auch vorher als praktischer Bergmann gearbeitet und sich eine vollständige Kenntniß der Grubenzimmerung zu erwerben Gelegenheit gehabt hat. Jedoch bezweckt dieser Aufsatz keineswegs eine vollständige systematische Anleitung zum Tunnelbau zu geben, sondern er ist mehr blos eine Sammlung eigener Erfahrungen über dieses schwierige Thema.

Um das Verständniß des eigentlichen Tunnelbaues zu erleichtern und vielfachen Wiederholungen im Folgenden vorzubeugen, wird es nützlich sein, hier zunächst die Erklärung einiger oft gebrauchten bergmännischen Ausdrücke und das Nöthigste über die Grubenzimmerung vorauszuschicken.

## Erklärung einiger bergmännischen Ausdrücke.

Unter Stolln versteht man einen gangartigen Grubenbau, welcher von der Tagesoberfläche aus in söhliger, d. i. horizontaler Richtung oder wenigstens mit geringem Ansteigen (höchstens etwa 1 auf 100) in das Gebirge hineingetrieben wird. Der Ansatzpunkt an der Tagesoberfläche oder der Anfang des Stollns heißt Mundloch und das Ende desselben das Ort oder der Ortsstoß. Die Seitenwände werden die Ulmen, die Decke die Firste und der Boden die Sohle genannt. Am Ortsstoße unterscheidet man noch die Brust, d. i. den oberen Theil, und den Kern oder den unteren Theil desselben; endlich den Ein- oder Vorbruch, d. h. die Stelle, wo der Bergmann beim Ortsbetrieb den Ortsstoß zuerst angreift.

Ist ein solcher söhliger Grubenbau unterirdisch, d. h. aus einem Schachte angesetzt, so heißt er eine Strecke, und wenn er von einem Stolln oder einer Strecke aus in einer der Ulmen und mehr oder weniger rechtwinklig gegen die Axe des Stollns oder der Strecke angesetzt ist, ein Querschlag.

Laufen auf einem Stolln oder einer Strecke Wasser ab, so daß die Sohle nicht zum Gehen (bergmännisch Fahren) und Fördern benutzt werden kann, so wird in einiger Höhe über der Sohle auf Hölzern (Stegen), welche zwischen die Ulmen eingespreizt werden, ein Getäfel (Tragwerk) hergestellt, und es heißt dann der Raum unter demselben die Wasserseige (Rösche).

Schacht nennt man einen mehr oder weniger lothrechten (saigern) Grubenbau, welcher von oben nach unten abgeteuft wird. Ist er von der Tagesoberfläche aus niedergebracht, so heißt er ein Tageschacht, und wenn er für einen Stolln bestimmt ist, ein Lichtloch. Bei Tunneln nennt man die Schächte, welche bisweilen an den Stellen, wo später die Tunneleingänge sich befinden werden, abgeteuft werden, Mundschächte.

Die Wände eines saigern Schachtes werden die Stöße genannt und zwar unterscheidet man bei rectangulären Schächten zwei lange und zwei kurze Stöße. Ist der Schacht aber mit einer gewissen Neigung gegen den Horizont abgesunken (flacher oder tonlägiger Schacht), was jedoch bei Eisenbahnbauten nur äußerst selten vorkommen wird, so

nennt man denjenigen langen Stoß, welcher nach oben gerichtet ist, das Hangende und den entgegengesetzten das Liegende, die beiden andern aber die kurzen Stöße.

Je nach der Benutzung zur Wasserhaltung, Förderung oder Wetterlosung unterscheidet man Wasserhaltungs- oder Kunst-, Förder- oder Treibe- und Wetterschächte, und je nach der Bedeutung für den Betrieb Haupt- oder Nebenschächte.

Eine besondere Art von mehr oder weniger saigern schachtartigen Grubenbauen sind die Uebersichbrechen oder Ueberhauen, welche von unten nach oben betrieben werden. Sie kommen beim Tunnelbau auch vor, um aus dem Sohlenstolln nach der Firste hinauf gelangen und dieselbe an mehreren Punkten des Stollns zugleich angreifen zu können.

## Bergmännische Zimmerungsarbeiten.

Die Grubenzimmerung begreift die Unterstützung der durch die unterirdischen Betriebe freigelegten Wände der Grubenbaue mit Holz und ausnahmsweise mit Eisen, und zerfällt nach der Art der Grubenräume in Strecken- und Schachtzimmerung, nach der Art des Einbaues und Zweckes aber in bloße Flächenverwahrungs- und in Getriebezimmerung, wovon die erstere in einen schon hergestellten freien Raum eingebaut wird, die Getriebe- oder Abtreibezimmerung aber mit der Herstellung der Räume selbst fortschreitet. Die Letztere ist natürlich die schwierigere und kommt namentlich bei den Tunnelbauten in lockerem Gestein zur Anwendung.

### 1. Streckenzimmerung.

Die vollständigste Verwahrung für Strecken oder Stölln liefert die Thürstockzimmerung, von welcher wir daher hier ausführlicher sprechen wollen. Sie besteht bei der größten Ausbildung, wie sie Fig. 1 auf Taf. 4 darstellt, aus vier unter sich zu einer Art Rahmen verbundenen Hölzern, den beiden Thürstöcken aa, der Kappe b und der Schwelle c, hinter welchen die Wände rings herum mit Brettern d (Pfählen) verzogen sind. Die Verbindung der Thürstöcke mit der Kappe und Schwelle erfolgt gewöhnlich durch Zusammenblatten, wie es Fig. 2 im Detail zeigt, und zwar wird zuerst an der Kappe ein 2 bis 3 Zoll tiefer Einschnitt a gemacht, dann die Ecke abgespalten und die Fläche b (das Gesicht) hergestellt, und ebenso am Thürstocke. Die Fläche c an der Kappe nennt man den Kopf, an dem Thürstocke aber ist d der Einschnitt, e das Gesicht und f der Kopf.

Thürstockzimmerung mit einfachem Pfahlverzug ist anwendbar, wenn das Gebirge auf einige Fuß, z. B. 4 Fuß, frei steht. Man bringt dann die Pfähle so auf die Kappen, daß sie mit dem Schwanzende ganz aufliegen, oder noch etwas überhängen, wie in Fig. 3 bei h angegeben ist, und mit dem Kopfende g mindestens 4 Zoll aufliegen. Sehr unzweckmäßig ist die in derselben Figur bei i angegebene Art des Pfahlverzuges, wo Kopf- und Schwanzende zweier auf einander folgenden Pfähle über der Mitte der Kappe zusammenstoßen; denn derartige Pfähle werden sich schon bei geringem Drucke einbauchen und aus einander gehen, so daß die Thürstöcke sich gegen einander verschieben können.

Um die Widerstandsfähigkeit der Kappe zu erhöhen, giebt man oft den Thürstöcken eine schiefe Lage, wie in Fig. 4, wobei die Kappe kürzer ausfällt, oder man unterstützt die letztere in der Mitte entweder durch einen Unterzug a und einen Bolzen b, wie in Fig. 5, oder blos durch einen Bolzen. Bei der letzteren Methode der Auszimmerung zerfällt das Stollnprofil gewissermaßen in zwei neben einander liegende Stölln und man gewinnt hierdurch die beim Tunnelbetriebe oft sehr hoch anzuschlagende Füglichkeit, zwei Förderbahnen, eine für die Gesteins-, die andere für die Maurerarbeiten, neben einander legen zu können.

Ist die Sohle fest, so kann man die Thürstöcke auch barfuß setzen, d. h. auf das Gestein ohne untergelegte Grundschwelle fußen lassen. Findet außerdem auch noch in der einen Ulme kein Druck statt, so läßt man den dortigen Thürstock weg und bekommt halbe Thürstockzimmerung. Ueber diese und die noch einfacheren Streckenverwahrungen ist aber hier nicht weiter zu sprechen nöthig.

Wenn ein Stolln in einem Gebirge von so milder Beschaffenheit aufgefahren wird, daß die Firste, die Ulmen und die Sohle auch nicht einmal auf geringe Längen und auf kurze Zeit ohne Verwahrung gelassen werden können, wenn sie nicht hereinbrechen oder gar hereinquellen sollen, so muß Getriebezimmerung angewendet werden, d. h. eine Thürstockzimmerung, welche der Herstellung des freien Raumes sozusagen zollweise vorausgeht. Die Figuren 6 und 7 zeigen diese Zimmerung im Querschnitt und Längenschnitt, während die Figuren 8 bis 15 verschiedene Stadien des Fortschreitens dieser Zimmerung darstellen.

Je rolliger das Gebirge ist, um so mehr muß danach getrachtet werden, nur ganz kleine Flächen des Stollnumfanges zu entblößen. Wenn also der Ortstoß, wie dies Fig. 7 darstellt, mit Zumachebrettern a, d. h. mit quer über den Ortsstoß gelegten horizontalen Brettstücken, welche durch das ca. 6 Zoll breite Anlegeholz b gestützt werden, verwahrt ist, und das Ort soll weiter vorgetrieben werden, so wird in dem obersten Zumachebrette ein Loch ausgestemmt, so groß, daß ein Abtreibepfahl gerade hindurch kann, auch sofort ein solcher Pfahl mit dem etwas zugeschärften Kopfende in das Loch gesteckt und mit einem 7 bis 10pfündigen Hammer, dem Treibefäustel, je nach Befinden, 1 Fuß tief eingetrieben (Fig. 8 und 9). Dieser Pfahl e liegt auf der Kappe des letzten Thürstockes, des Aufsteckgevieres, welche mittelst eines quer über das Ort gelegten Brettes gg,

des Pfandblattes, und der darunter eingeschlagenen Pfandkeile ee, die letzten eingeschlagenen Pfähle ff trägt; ist er weit genug vorgeschlagen und durch den niedrigen Pfandkeil d festgemacht, so erfolgt in derselben Weise und in der aus Fig. 10 ersichtlichen Ordnung, der Vortrieb der andern Pfähle rings herum an den Ulmen, bis man die Brust um eine halbe Pfahllänge oder 2 Fuß vorwärts gerückt hat.

Ist das Gebirge von so lockerer, schwimmender Beschaffenheit, daß es beim Wegnehmen der Brustbretter mit Gewalt hervorzudringen sucht, so stopft man Stroh in die Oeffnungen und greift den Ortstoß stufenweise an, wie es Fig. 11 zeigt. Es wird nämlich auch nach unten ein Brett zur Verwahrung aufgelegt, das Stufenbrett a, welches durch einen Bolzen b gegen die Firstpfähle abgetrieben ist, während die oberen Zumachebretter durch Spreizen c gegen die Kappe d des Aufsteckgevieres abgefangen sind. Indem man so ein Zumachebrett nach dem andern wegnimmt und dafür wieder neue Zumache- und Stufenbretter anlegt und gehörig gegen Thürstöcke, Kappen oder Schwellen abspreizt, gelangt man allmälig bis auf die Sohle nieder, ohne irgend einen größeren Theil des Ortes unbedeckt zu lassen, und dringt mit der Gewinnung und Verwahrung des Ortes um die Länge eines Zwischenraumes zwischen zwei Thürstöcken, ein Feld, vorwärts.

Ist aber dieses Ziel erreicht, so wird vor dem Ortsstoße ein Mittelgeviere a, Fig. 12, eingebaut, dessen Kappe unmittelbar unter die Köpfe der Pfähle zu liegen kommt, eben so wie die Thürstöcke und die Schwelle unmittelbar die Pfahlköpfe an den Ulmen und auf der Sohle berühren. Dieses Mittelgeviere oder Hülfsgezimmer hat den Zweck, die Pfähle vorn zu stützen, damit sie nicht beim weiteren Vortreiben neben dem Aufsteckgeviere abbrechen, was jedenfalls eintreten würde, wenn der Schwanz der Pfähle unter dem rückwärtigen Mittelgeviere a, hervorgeschlagen wird. Außerdem trägt das Mittelgeviere aber auch in der fertigen Zimmerung die Pfähle c in der Mitte ihrer Länge.

Hierbei ist nicht immer die Verwahrung der Sohle mit Getriebe erforderlich, sondern es reicht daselbst oft bloßes Getäfel aus, wie dies auf der linken Seite der Fig. 6 und 7 angenommen ist. Mitunter treten umgekehrt auch größere Schwierigkeiten ein, wenn z. B. der Druck der Ortsfläche sehr groß und man genöthigt ist, die Anlegehölzer wirksamer abzuspreizen. Diesen Fall stellt Fig. 13 in horizontalem Durchschnitte dar, und zwar ist hier ein sogenannter Bremsstempel c, rückwärts vom Orte und in der Mitte desselben, eingestellt, gegen welchen das Anlegholz a mittelst der Spreizen b abgesteift ist, während bei stärkerem Drucke der Bremsstempel noch durch Spreizen dd gegen die hinteren Thürstöcke abgetrieben werden kann.

Etwas einfacher ist das Verfahren bei solchem milden Gebirge, welches wenigstens kurze Zeit steht und nicht von selbst zuquillt. Man verwahrt alsdann die Brust oder den oberen Theil des Stoßes mit kurzen verticalen Brettern und beginnt ihn von der Mitte aus anzugreifen. Vergleiche Fig. 14 und 15, welche einen Längenschnitt durch die Mitte und eine obere Ansicht darstellen. Wenn das mittelste Brett weggenommen ist, nimmt der eine Häuer mit der Keilhaue so viel Masse dahinter weg, als er für passend erachtet, während der zweite den mittelsten Firstenpfahl nachtreibt; sind nach und nach alle Zumachebretter weggenommen, die Firstenpfähle nachgetrieben und neue Zumachbretter angelegt, so werden auch die Ulmenpfähle vorgetrieben und es kann nun ebenso der Kern, d. h. der untere, etwa $^2/_3$ der Höhe einnehmende Theil des Ortsstoßes, weggenommen werden, wobei meistentheils ohne Stufenbretter auszukommen ist und, wie gewöhnlich, mit horizontalen Zumachbrettern gearbeitet wird.

Bei der Getriebezimmerung haben die Thürstöcke einen bedeutenden Schub von vorn auszuhalten, welcher leicht das Abtrennen der Kappe von den Thürstöcken, oder auch das Umschieben eines ganzen Gevieres zur Folge haben kann, da die Verbindung der Kappe mit den Thürstöcken keinem horizontalen Schube von vorn zu widerstehen vermag und die sämmtlichen Geviere nur durch den vertical wirkenden Druck der Firste in ihrer verticalen Stellung erhalten werden. Man könnte die Kappen leicht auf eine Weise mit den Thürstöcken verbinden, welche einem Horizontalschube besser Widerstand zu leisten im Stande wäre, z. B. auf Art von Fig. 16, indessen geschieht dies wegen der Umständlichkeit der Arbeit nicht, und nur gegen das Umschieben der ganzen Zimmerung trifft man mitunter Vorkehrungen, indem man, wie dies Fig. 17 zeigt, in die Ecken, wo die Thürstöcke mit den Schwellen zusammenstoßen, lange Tragbäume a und in die Ecken zwischen den Thürstöcken und Kappen Unterzüge b legt und letztere durch Bolzen c gegen erstere antreibt. Auf diese Weise sind mehrere Geviere so unter einander verbunden, daß sich der Horizontalschub auf sie vertheilt und sie demgemäß mehr Widerstand leisten können.

## 2. Schachtzimmerung.

Die Schachtzimmerung besteht, wie die Stollnzimmerung in ihrer höchsten Ausbildung aus einzelnen, sich dem meist rechteckigen Umfange des Schachtes anschließenden Gevieren, welche aber unter einander angebracht sind, kann sich übrigens auch blos auf die Verwahrung einzelner Stöße beziehen, wenn die übrigen Stöße fest genug sind.

Die ganzen Geviere (Schachtkränze oder Schachtzimmer) bestehen aus zwei langen, an den langen Stößen des Schachtes liegenden Hölzern, den Jöchern, und zwei kurzen Hölzern, den Kappen, an den kurzen Schachtstößen. Die Verbindung dieser Hölzer erfolgt bei Rundholz durch

Zusammenblatten, wobei jedes Holz auf die Hälfte eingeschnitten wird. Man macht nämlich bei den Jöchern in einem Abstande gleich der Stärke der Kappen von den Enden herein einen Einschnitt bis in die Hälfte ihrer Stärke (das Eingeschneide) und spaltet dann von der Stirn herein das obere Stück ab, wodurch man eine ebene horizontale Fläche (das Gesicht) erhält, auf welche die auf dieselbe Weise hergestellte Platte des Kappenendes paßt. Wenn von den Stößen herein ein besonders starker Druck stattfindet, so wendet man wohl auch eine Verblattung an, bei welcher die Flächen, mit denen die Hölzer sich berühren, parallel zu den Stößen, also vertical stehen, und nennt solche Geviere verwandte oder blinde Geviere; endlich wird bei vierkantigem Holze auch das Zusammenzapfen angewendet, indem an das Ende der Kappen Zapfen eingeschnitten werden, welche in die gabelartig ausgeschnittenen Enden der Jöcher eingesteckt werden.

Auch bei der Schachtzimmerung hat man, wie bei der Streckenzimmerung, zwei Arten zu unterscheiden, nämlich solche, welche in einen freien Raum eingebaut wird, und solche, welche mit dem freien Raum fortschreitet. Die erstere findet ihre Anwendung bei ziemlich festem Gestein, in welchem es möglich ist, den Schacht auf eine gewisse Tiefe ohne Verwahrung herzustellen, dagegen muß Getriebe- oder Abtreibezimmerung angewendet werden, wenn das Gestein so mild und rollig ist, daß man nicht abteufen kann, ohne die freigelegten Schachtwände sofort zu verwahren. Sehr große Schwierigkeiten findet man endlich in schwimmendem, d. h. solchem Gebirge, welches von Wasser nicht blos ganz durchtränkt ist, sondern auch unter starkem Drucke immer in den Schacht hineinzufließen trachtet, und es müssen in solchen Fällen oft eigenthümliche Schachtabteufungs- und Verwahrungsarbeiten vorgenommen werden, die wir indessen hier nicht näher darlegen können.

Zum Ausbau im freien Raum bedient sich der Bergmann, wenn es sich um eine bleibende Anlage handelt, die Holzpreise nicht zu hoch sind, und starker Druck zu befürchten ist, der ganzen Schrotzimmerung, wenn der Schacht aber nur einen vorübergehenden Zweck hat und nur geringer Druck vorhanden ist, der halben Schrot- oder Bolzenschrot-Zimmerung.

Beide Arten von Zimmerung werden auf sogenannte Tragstempel gegründet, d. h. starke horizontale Hölzer, welche in den kurzen Stößen rechtwinklig zu den beiden langen Stößen gelegt werden. Man legt sie barfuß, d. h. sie werden nicht zwischen die langen Stöße eingetrieben, sondern es werden an den betreffenden Stellen Löcher im Gestein ausgeschlägelt, in welchen diese Tragstempel mit ihren Enden ruhen. Auf diese kommen dann die Jöcher des untersten Gevieres zu liegen und darüber wird soviel Zimmerung aufgebaut, als man mit Sicherheit auf die Tragstempel aufladen zu können glaubt; dann legt man neue Tragstempel und bringt eine zweite Abtheilung der Zimmerung auf und so fort, bis an das obere Ende des Schachtes, oder die Hängebank.

Die Schrotzimmerung, von welcher Fig. 18 und 19 eine äußere Ansicht mit Längenschnitt und eine obere Ansicht geben, besteht aus lauter auf einander gelegten Gevieren, weshalb die Hölzer auf der obern und untern Seite eben abgerichtet sein müssen. In den Figuren ist die Anwendung bei einem Schachte mit mehreren Abtheilungen gezeigt, und es ist hierzu noch zu bemerken, daß diese Abtheilungen durch sogenannte Schachtscheider gebildet werden, die aus Hölzern (sogenannten Einstrichen) bestehen, welche zwischen die Jöcher, rechtwinklig zu denselben, eingetrieben, auch wohl noch, wenn die Sicherheit dieses gebietet, auf beiden Seiten mit Bretern beschlagen werden. In den Figuren bedeuten a die Tragstempel, b die Jöcher, c die Kappen, d die Einstriche.

Eine leichtere Auszimmerung bietet die Bolzenschrotzimmerung, bei welcher die einzelnen Geviere nicht dicht auf einander, sondern in Abständen von 3 bis 4 Fuß unter einander gelegt und unter sich durch ausgekehlte Bolzen in den Ecken und bei den Schachtscheidern abgesteift werden. Hinter die Geviere müssen rings herum Deckhölzer eingebracht werden, um die Schachtstöße zu verwahren. Diese Zimmerung ist in Fig. 20 in der äußeren Ansicht mit theilweisem Durchschnitt und in Fig. 21 in der oberen Ansicht mit theilweisem Horizontalschnitt dargestellt. a sind die Tragstempel, b die Jöcher, c die Kappen, d die Einstriche, e die Bolzen, f die Deckhölzer.

Noch ist einer besonderen Verstärkung der ganzen oder halben Schrotzimmerung zu gedenken, nämlich der Wandruthen, worunter man lange, paarweise und in verticaler Stellung, einander gegenüber, an die Jöcher angelegte und unter sich durch Spreizen h abgesteifte Hölzer g versteht. Fig. 22 und 23 zeigen einen derartigen Schacht im Vertical- und Horizontalschnitt. Sie geben gewöhnlich zugleich Schachtscheider ab und nehmen einen großen Theil des Druckes auf, welcher gegen die Jöcher der Geviere ausgeübt wird. Man macht die Wandruthen so lang, daß sie von einem Tragjoche zum andern reichen, und treibt sie zwischen die Tragstempel fest ein, wozu sie übrigens gewöhnlich blos ausgeschaart, d. h. nach der Rundung der Stempel ausgekehlt werden.

In demselben Verhältniß, wie diese Schachtzimmerung zu der Thürstockzimmerung mit Pfahlverzug steht, steht auch die Getriebezimmerung in Schächten zur Getriebezimmerung auf Stölln und Strecken. Man legt dabei zunächst ein Paar Tragstempel a in den kurzen Stößen, welche in vertieften Bühnlöchern aufruhen, und auf diese ein Ansteckgeviere b, b; hinter dem letzteren wird nun, wie Fig. 24

und 25 dies in zwei verticalen Schnitten parallel zu den langen und zu den kurzen Schachtstößen zeigen, mit nach unten divergirenden Pfählen c, c rings herum angesteckt und die davon umschlossene Masse vorsichtig herausgehoben, bis man im Stande ist, bei 3 bis 4 Fuß Tiefe darunter ein Helf- oder Einwechselgeviere d, d zu legen, welches blos vom Gebirgsdrucke gehalten oder unter Umständen durch Ketten u. dgl. am oberen Geviere aufgehangen wird. Nunmehr werden die Pfähle bis an den Schwanz eingetrieben, der Schacht während dem auf die Tiefe von 3 bis 4 Fuß ausgeräumt und ein neues dicht an die Pfähle anschließendes Pfändungsgeviere e gelegt. Hier werden wieder zwei Tragstempel a, und ein zweites Ansteckgeviere b, eingebracht, gegen welches man das Helfgeviere mit Bolzen f absteift, eben so wie zwischen das obere Ansteckgeviere und das Helfgeviere Bolzen eingetrieben werden. Hinter dem zweiten Ansteckgeviere wird nun in derselben Weise mit Pfählen angesteckt und der Schacht auf diese Weise so weit niedergebracht, bis man im Stande ist, ein Paar Haupttragestempel zu legen, worauf man die oberen Tragstempel wegnimmt und die ganze Zimmerung neu richtet und verspreizt.

Der Wandrutheneinbau erfolgt am leichtesten und besten erst dann, wenn die Schachtzimmerung bereits vollendet ist, nur bei großem Drucke werden die Wandruthen gleichzeitig mit eingebaut.

Bei den Tunnelschächten, welche meist nur eine geringere Tiefe erhalten, geschieht die Abteufung häufig mit der aus Fig. 1—3 auf Taf. 5 ersichtlichen, etwas abweichenden Getriebezimmerung. Es fallen hier die Helf- und Einwechselgeviere weg und es kommen also die Geviere alle lothrecht unter einander zu stehen. Man teuft mit dieser Getriebezimmerung so weit ab, bis man 8 bis 12 Fuß unter die Tunnelsohle, das Planum, gelangt ist. Dieser unterste Theil des Schachtes, der Sumpf, dient zur Ansammlung der zugehenden Wasser, welche von da durch Pumpen bis an die Hängebank oder an die Tagesoberfläche gehoben werden. Ist die Sohle fest, so geht man zur Verwahrung des Schachtes mit Wandruthen über, wobei man folgendermaaßen verfährt. Die Sohle des Sumpfes wird mit einem quer gegen die Schachtlänge gerichteten Getäfel belegt, auf dieses folgen die Langschwellen a, a und auf diese kommen kurze Schwellen b b zu liegen, welche die bis nahe unter das Planum hinaufreichenden Sumpfsäulen c, c tragen. Letztere sind unter sich durch Rundhölzer d d verbolzt und nehmen oben die Stuhlschwellen e e auf.

Vom Planum bis an die Tunnelfirste, d. h. bis über das Tunnelgewölbe hinauf, reicht der sogenannte Schachtstuhl, dessen Höhe 30 Fuß und mehr beträgt. Derselbe besteht aus den Wandruthen f f und den Ständern g g in der Mitte, den Riegeln h h und den Haupttragstempeln i i am oberen Ende, welche so hoch zu liegen kommen müssen, daß die Tunnelwölbung darunter ausgeführt werden kann.

Der weitere Schachtausbau wird immer auf eine Wandruthenlänge auf einmal vollendet und jede solche Abtheilung schließt mit Tragstempeln k k, welche so lang zu machen sind, daß ihre Köpfe dicht an die Pfähle m m oder noch besser bis ins feste Gestein reichen. Jede solche Abtheilung heißt ein Schachtschloß. Bei der letzten Abtheilung unter Tage wird der Wandruthenkopf bündig mit dem Tagegeviere, der Hängebank, gemacht. Die Riegel h, welche zur Verspreizung der Wandruthen dienen, werden so eingetheilt, daß sie mit den Jöchern und Kappen der Geviere in eine Ebene fallen, auch legt man noch Kreuzstreben ein, um jeder Verschiebung vorzubeugen.

Glücklicherweise ist man nicht immer zur Ausführung einer so vollständigen und kostspieligen Zimmerung genöthigt, und wir wollen hier noch eine leichtere Schachtzimmerung anführen, welche für enge, 4 bis 6 Fuß weite Schächte in ziemlich gut stehendem Gestein anwendbar ist. Dieselbe ist in Fig. 26 auf Taf. 4 dargestellt und besteht aus Schachtgevieren von 5 bis 7 Zoll starkem Rundholz, bei denen die Jöcher und Kappen nicht durch Ueberblattung verbunden, sondern blos zusammengeschaart, d. h. nach Fig. 27 rund ausgekehlt und stumpf zusammengestoßen sind. Es müssen dann noch Sprengbolzen c c zwischen die Jöcher b b eingetrieben werden, damit diese in der richtigen Distanz von einander bleiben und fest gegen das Gestein angetrieben werden.

Endlich ist noch der Auszimmerung der flachen oder tonlägigen Schächte zu gedenken, d. h. solcher Schächte, welche nicht vertical (seiger) stehen, sondern eine Neigung gegen den Horizont besitzen. Bei der Auszimmerung solcher Schächte werden im Allgemeinen ganz dieselben Methoden befolgt, nur können die Geviere nicht horizontal gelegt werden, sondern die Kappen werden rechtwinklig gegen das Fallen des Schachtes gestellt, und es liegen also die Jöcher zwar horizontal, aber nicht in einer horizontalen, sondern in einer auf der Axe des Schachtes normalstehenden Ebene. Blos das oberste Geviere an der Hängebank liegt söhlig.

Im Anschluß an die Schächte sind auch bezüglich der Auszimmerung die Ueberſichbrechen oder Ueberbrüche zu berühren, welche zur Beschleunigung des Tunnelbetriebes aus dem Sohlentunnel in verticaler und bei großem Druck in schräger Richtung unter einem Winkel von ca. 45 Grad nach der Firste emporgetrieben werden. Man verfährt im letzteren Falle auf die durch Fig. 28 und 29 erläuterte Weise, indem man erst in der Firste des Sohlenstollns einen Pfahldurchbruch herstellt, dann die Schwellen c c einzieht und die seigeren Thürstöcke d d aufstellt, hierauf aber mittelst der Getriebezimmerung in derselben Weise, wie beim Stollnbetriebe, jedoch schräg, aufwärts dringt. Sollte sich ein Be-

streben zum Rutschen oder Verschieben einstellen, so bringt man hiergegen noch die punktirten Streben e e an.

Der Querschnitt (Fig. 29) eines solchen Ueberſichbrechens, welches gewöhnlich 6 Fuß hoch und weit genommen wird, ist in der Hauptsache ganz derselbe, wie bei der Stollngetriebezimmerung (Fig. 6).

Nachdem wir im Vorstehenden einen kurzen Ueberblick über die wichtigsten Methoden der bergmännischen oder Grubenzimmerung gegeben und ein Paar Beispiele von der Anwendung und Modificirung derselben beim Tunnelbau vorgeführt haben, können wir nunmehr zu unserm eigentlichen Gegenstande übergehen.

## Tunnelbau.

Man kann im Allgemeinen vier verschiedene Methoden oder Systeme der Ausführung von Tunnels unterscheiden, nämlich:

1) Das englische System,
2) das belgische oder französische System,
3) das deutsche System und
4) das österreichische System.

Jedes dieser verschiedenen Systeme hat seine besonderen Vorzüge und demgemäß seine unbedingten Anhänger. Wir werden diese Vorzüge bei der Beschreibung der einzelnen Methoden näher zu beleuchten Gelegenheit haben und betrachten zunächst

### 1. Das englische System. (Tafel 5.)

Es ist dies das älteste von allen Tunnelbausystemen und wird, weil es zuerst in England zur Anwendung gekommen ist, das englische genannt. Seine Eigenthümlichkeit besteht darin, daß der Tunnel dabei vollständig mit seinem vollen Querschnitt ausgebrochen wird, ehe die Ausmauerung beginnt, zur Erleichterung und Beschleunigung des Ausbrechens wird aber das Tunnelprofil in 2, 3 und sogar 4 Etagen unter einander angegriffen und stufenweise von oben nach unten ausgehauen.

Ich gebe im Nachstehenden zunächst die Beschreibung des Mausenmühler Tunnels in der Rhein-Nahe-Bahn, welcher nach dem englischen System mit zwei Etagen und einfachem Pfahlverzug hergestellt worden ist, und bei dessen Ausführung ich in den Jahren 1857 bis 1859 als Beamter über die bergmännischen und zum Theil auch über die Maurerarbeiten fungirt habe.

Dieser Tunnel wurde durch ungeschichtete plutonische Gesteine (Massengesteine) getrieben, welche gestatteten, ansehnliche Ortslängen ohne hauptsächliche Verzimmerung bloszulegen. Das dabei befolgte Verfahren ist aus den Fig. 4 bis 14 auf Taf. 5 zu ersehen, welche den Tunnel in verschiedenen Stadien des Fortschritts darstellen.

Wenn ein Tunnel nach dem englischen System vollständig ausgebrochen und ausgezimmert ist, so giebt er ungefähr das in Fig. 11 dargestellte Bild, woraus man ersieht, daß der Tunnelumfang durch lange Hölzer, Wandruthen, und Pfahlverzug abgefangen ist, diese Hölzer aber durch Streben angetrieben werden, welche auf einer ungefähr in der halben Höhe des Tunnels liegenden horizontalen Schwelle fußen, welche an den Enden vom Gestein und dazwischen von Grundsäulen getragen wird. Es wird nun zu zeigen sein, in welcher Weise man nach und nach dieses Profil herstellt und die Auszimmerung einbaut.

Beim Mausemühler Tunnel wurde zunächst in der Firste und zwar in der Mitte derselben ein 8 Fuß weiter und hoher Firstenstolln (Kopfstolln) getrieben, Fig. 4, und wenn derselbe 14 bis 15 Fuß vorgerückt war, so wurden die beiden Kronenbalken c c gelegt, deren Stempel auf Fußpfählen standen, und die Firste mit Pfählen verzogen. Hierauf griffen die Bergleute die beiden Seiten des Firstenstollns in der durch Fig. 5 angedeuteten Weise an und man fing das Gestein wieder durch ein Paar Wandruthen a a ab, denen eine vorläufige Unterstützung durch Stempel auf Fußpfählen gegeben wurde. Nunmehr wurde in der Mitte strossenartig niedergegangen und die Sohle bis in das Niveau der zu legenden Mittelschwelle herausgehauen. Auf diese Sohle kam, wie dies Fig. 6 zeigt, das Mittelstück b dieser Schwelle zu liegen und es konnten nun die Kronenbalken definitiv durch Säulen c c abgefangen werden. Die Ausbrucharbeit ging dann wieder auf die Seiten über, bis die ganze obere Etage hereingewonnen war und der Raum das Ansehen von Fig. 7 erhalten hatte.

In diesem Raume kommen zunächst auf die Sohle die beiden anderen Stücken der Mittelschwelle zu liegen und zwar sind diese Stücken aufgeblattet und durch Schwellenbänder mit dem Mittelstück verbunden, damit sie wieder fest angezogen werden können, wenn die Schwelle durch den von den Bolzen aufgenommenen starken Druck etwa zusammengedrückt sein sollte. Ferner werden noch mehr Wandruthen an das Gestein angelegt und durch Streben d, d abgefangen. Hinter denselben ist mit Pfählen verzogen, auch sind sie durch die Bolzen h, h unter einander und mit den Kronenbalken fest versteift und zu einem einzigen feststehenden Gezimmer verbunden.

Wenn in dieser Weise die obere Etage vollendet ist, so handelt es sich um den Angriff der unteren Etage. Der Ausbruch des Unterprofiles wird am zweckmäßigsten in der Weise vorgenommen werden, wie er am Mausenmühler Tunnel geschah, nämlich in der Mitte. Man ging daselbst, wie es Fig. 10 zeigt, bis auf die definitive Tunnelsohle nieder und stützte nunmehr die Mittelschwelle durch die beiden Grundsäulen i i, griff von hier aus die beiden Seiten an und hieb das Gestein heraus bis an die zukünftigen Ulmen

des Tunnelprofiles, wobei zur Stützung der immer mehr frei werdenden Mittelschwelle noch weitere Grundsäulen kk untergeschlagen werden mußten. Da das Sohlengestein niemals ganz eben ist, ist es sehr schwer zu erreichen, daß man die Grundsäulen sogleich in der passenden Länge ausschneidet, und es werden dieselben daher erforderlichen Falles auf Brettstücken oder Keile gestellt.

Die jetzt beschriebene Zimmerung bedarf nun noch eines Längenverbandes zwischen den einzelnen, ca. 12 Fuß weit aus einander stehenden Gesperren und zu dem Ende wurden zwischen den Mittelschwellen sogenannte Zangen mm, Fig. 8 und 9, eingebracht, wie man namentlich aus Fig. 9, welche einen Längenschnitt des Oberprofiles darstellt, erkennt.

Hiermit sind zunächst die bergmännischen Arbeiten beendigt, wenn man nicht hierzu noch die Herstellung der beiderseitigen Fundamentgräben rechnen will, in welchen die Ausmauerung fußt. Diese Gräben, wovon der eine in Fig. 11 auf der rechten Seite angegeben ist, werden meist 1 bis 1½ Fuß tief gemacht und ihre Sohle muß in einer radialen Ebene zum Tunnelumfange liegen.

Nunmehr beginnt die Thätigkeit des Maurers, dessen Aufgabe darin besteht, dem umgebenden Gebirge seine definitive Unterstützung zu verschaffen. Am Mausenmühler Tunnel wurden 2¼füßige Werkstücken aus rothem Sandstein zur Herstellung der Mauerung verwendet, deren Laibungsfläche gespitzt (gewerkt) wurde. Als Mörtel bediente man sich eines Gemenges aus Fettkalk, Sand und Traß zu gleichen Theilen, welches einen guten hydraulischen Mörtel abgiebt. Die Maurerarbeit begann mit der Ausgleichung der Fundamentgräben und der Aufführung der Grundmauern, auf welche die Widerlagsmauern zu stehen kommen. Die Läufer durften nicht unter 1 Fuß Stärke erhalten und wurden mit rohen Bruchstücken hintermauert, die Binder mußten aber die ganze Mauerstärke umfassen. Bis an die später zu erwähnenden Canäle wurde die Mauerung ganz in hydraulischem Mörtel ausgeführt.

Ist die Mauerung bis zur Kämpferhöhe gelangt, bis wohin sie durch Hölzer in keiner Weise gehemmt ist, wenn die Ulmen, wie bei dem beschriebenen Stolln, keine Abspreizung verlangen, so ist das Lehrbogengerüst für das Gewölbe aufzustellen. Dieses Gerüst bestand hier aus den Schwellen aa, Fig. 12, den Ständern bb, den Rahmstücken cc und den Lehrbögen. Schwelle, Ständer und Rahmstücken bilden zusammen das Untergestell, auf welchem die Lehrbögen nicht unmittelbar, sondern mittelst eingelegter Keile (vergl. in Fig. 12 bei c) aufstehen. Die Lehrbögen bestehen, wie aus den Fig. 12 und 14 ersichtlich ist, aus drei Lagen dreizölliger, tannener Bohlen, welche mit versetzten Wechseln an einander gelegt und durch Schrauben mit Laschen unter sich verbunden sind. Auf die Lehrbögen kommen noch 2½ × 2½zöllige Schalhölzer, auf denen die Steine des Gewölbes aufruhen.

Da die Mittelschwellen an den Enden bei d, Fig. 12, in Bühnlöchern ruhten und man diese starken Hölzern nicht gern an den Lehrbögen abschneiden wollte, so verfuhr man beim Einwölben des Tunnels so, daß man die Schwellen mit so viel Zwischenraum ummauerte, als erforderlich war, um sie später nach Vollendung der Mauerung unverletzt wiedergewinnen zu können. Wenn Wandruthen, Streben, Bolzen u. dgl. der Mauerung in den Weg kamen, so nahm man sie weg und fing das Gebirge mittelst Pfählen und Steifen gegen die Lehrbögen ab, wie dies z. B. bei f in Fig. 12 angegeben ist. Mußte man hierbei befürchten, den Lehrbögen eine zu große Last aufzuladen, so wurden diese dann wieder durch Bolzen g gestützt, wie dies denn überhaupt vor der Eintreibung des Schlußsteines erforderlich wird.

Damit das aus dem Gebirge hinter der Mauerung hervortretende Wasser den Mörtel nicht auswaschen, überhaupt der Mauer keinen Schaden thun könne, wurde der Rücken des Gewölbes und der Widerlagermauern mit einer 2 Zoll dicken Mörtelschicht überzogen bis in die Höhe der kleinen Wasserabzugscanäle, welche in Fig. 13 und 14 bei a punktirt angegeben sind, und welche in Abständen von 2 Ruthen in der Widerlagsmauer angebracht waren.

Wo das Gewölbe nicht bis dicht an das Gestein heranreichte, da wurde zur Ausfüllung des leeren Raumes eine trockene Steinpackung dahinter eingebracht.

Die letzte Arbeit besteht endlich in dem Ausrüsten des Gewölbes, wobei man folgendermaaßen verfährt. Ist anzunehmen, daß der Mörtel in den Steinfugen genügend erhärtet ist, um nicht mehr herausgedrückt zu werden, wenn man das Gewölbe sich selbst überläßt, was je nach der Beschaffenheit des Mörtels nach 1, 2, 3 und mehr Tagen der Fall sein wird, so lüftet man die Keile, welche (bei c in Fig. 13 und 14) zwischen die Rahmen des Untergestelles und die Füße der Lehrbögen eingelegt sind, um eine Kleinigkeit, etwa ¼ Zoll, wiederholt dies nach 12 Stunden wieder und so fort, bis die Lehrbögen ganz frei geworden sind und an einer andern Stelle des Tunnels wieder benutzt werden können.

Was die Rüstung für die Mauerung anlangt, so benutzte man am Mausenmühler Tunnel die Mittelschwellen, welche zu dem Ende dicht mit Brettern belegt waren; wo dies aber nicht paßt, da werden von einem Rahmen zum andern Langhölzer cc (Fig. 13 und 14) gelegt, die durch Ständer b unterstützt werden, und auf diese kommen dann die Tretbretter für die Maurer zu liegen.

Die beschriebene Tunnelbaumethode weicht eigentlich insofern von dem englischen Systeme ab, als hier sämmtliche Abfanghölzer im Bereiche des herzustellenden Gewölbes liegen, während beim englischen Systeme das Tunnelprofil

um soviel weiter hergestellt wird, daß die Wandruthen u. s. w. hinter der Mauerung zu liegen kommen. Sie können dann mit dem einen Ende auf die Stirn des bereits hergestellten Gewölbes aufgelagert werden und auf der Ortsseite ruhen sie auf einer dieserhalb aufgestellten Holzwand a auf, wie dies aus den Figuren 15 und 16 zu erkennen ist, welche einen Quer- und einen Längenschnitt durch einen nach dem englischen Systeme betriebenen Tunnel darstellen. Diese Figuren entsprechen überhaupt einem weit mehr druckhaften Gebirge, so daß der ganze Tunnelumfang mit Wandruthen und Pfahlverzug zu verwahren und auch für die Unterstützungssäulen eine Sohlschwelle einzulegen erforderlich gewesen ist. In solchem Gebirge wird der Tunnelbetrieb etwa in folgender Weise geführt.

Man treibt zunächst einen Sohlenstolln, welcher hauptsächlich den Zweck hat, das Gebirge zu entwässern, oder doch die Wasser dem Schachte zuzuführen, aus welchem sie in Ermangelung eines offenen Ausganges, d. h. bei dem Betriebe mit Mundschächten, mit Künsten zu Tage gehoben werden; zugleich gewährt er den Vortheil, für einen langen Tunnel eine größere Anzahl von Angriffspunkten zu liefern. Diesem Sohlenstolln folgt der Firstenstolln in der Weise, daß er um eine Feldlänge (etwa 14 bis 18 Fuß) dahinter zurückbleibt, und ebenso rücken die Ausweitungsarbeiten immer absatzweise mit nach, wenn eine Kronenbalkenlänge vorgearbeitet ist. In Fig. 16 ist db ein Stück fertig hergestellter Tunnel mit Sohlengewölbe, bc ein Stück Vollausbruch, cf ein Stück Sohlenstolln. Man sieht, wie die Kronenbalken c mit dem einen Schwanzende auf der Stirn des Gewölbes aufliegen (was ebenso mit den übrigen Wandruthen der Fall ist), und wie vor der Ortsfläche eine die andern Enden dieser Hölzer tragende Wand a eingebaut ist. Die Ortsfläche selbst ist mit Breitern und Anleghölzern abgefangen und gegen die Profilwand a abgespreizt, wogegen Letztere selbst wieder durch die an die Schwellen m und n angesetzten Langstreben ii gegen das Sohlengewölbe des letzten Mauerungsabschnittes abgesteift ist.

Indessen nicht immer folgt die Mauerung dem Vollausbruche in dieser Weise auf dem Fuße nach, sondern mitunter bleiben 3 bis 4 Felder im Vollausbruche stehen und es ist dann nicht möglich, die Mauerung mit als Stützpunkt für die Zimmerung zu benutzen. Alsdann legt man die Schwanzenden der Wandruthen des vorausgehenden Feldes neben die Kopfenden der Wandruthen des bereits vollendeten Feldes, wie dies aus den Figuren 8 und 9 zu ersehen ist, wo aa die Wandruthen des fertigen, bb diejenigen des neuen Feldes bezeichnet.

Natürlicherweise fallen die Herstellungskosten etwas geringer aus, wenn man sich des fertigen Tunnelgewölbes mit zur Stützung bedienen kann, weil eine Profilwand erspart wird; es ist dies aber eine Zeitfrage, weil die gesetzte Bauzeit es gewöhnlich nicht gestatten wird, den Tunnel, in der erst beschriebenen Weise, felderweise, bergmännisch zu gewinnen und dann sofort auszumauern.

Das englische Tunnelbausystem ist zeither immer nur für Tunnel angewendet worden, welche in festerem Gestein zu treiben waren, und bei denen einfacher Pfahlverzug hinter den Wandruthen genügte. Für mildes, rolliges, oder schwimmendes Gebirge, wo Getriebezimmerung erforderlich ist, eignet sich dieses System meiner Ueberzeugung nach nicht, da man die Pfähle nicht ordentlich einbringen kann. Wenn z. B. in Figur 17 die Hölzer a, b, c, d die Wandruthen in der Umfangslinie des Tunnels repräsentiren und es soll ein Pfahl e unter der Wandruthe a hindurch und über der Wandruthe b vorgetrieben werden, um die Feldlänge zwischen den Ruthen b und c abzupfählen, so ist dem Pfahle seine Richtung nur so lange bestimmt angewiesen, als er mit dem Schwanze unter der Wandruthe a liegt, dann aber hat der Zimmermann keine Gewalt mehr über ihn und das Kopfende wird sich nur im günstigen Falle unter dem Gebirgsdrucke in der erwünschten Weise niedersenken und auf die Ruthe c auflegen, leicht aber kann auch der Pfahl vor der Letzteren durchbrechen, und es wird dann nicht blos das Feld bc blos gelegt, sondern es kann sogar der obere Pfahl i über dem Felde ab vom Schwanzende des Pfahles e ausgehoben und verschoben werden. In jedem Falle aber ist das ein Uebelstand, daß die Pfähle zu weit hinausgreifen, und daß deshalb eine große Menge Gebirge überflüssigermaaßen mit hereingewonnen und natürlich auch ausgefördert werden muß.

Was ferner die Stabilität der englischen Auszimmerung betrifft, so läßt sich davon a priori schon so viel voraussagen, daß bei bedeutenderem Drucke sehr starke Wandruthen erforderlich sein werden, wenn sie sich nicht in der Mitte durchbiegen sollen, und daß man genöthigt sein wird, die Felder eng zu machen, also die Feldwände in geringen Abständen von einander aufzustellen. Es treten aber außerdem noch ganz besondere Schwierigkeiten ein, wenn das Gebirge einen schiefen Druck ausübt, wie ich es am Mausenmühler Tunnel an einer Stelle zu erfahren Gelegenheit hatte. Hier fuhr man mit der Firste Mandelsteingerölle an, welches einen derartig starken Druck ausübte, daß in kurzer Zeit nach dem Ausbruch des vollen Profiles die aus gesundem Tannenholz genommenen, 1 Fuß starken Schwellen bis auf 6 Zoll zusammengedrückt wurden, und daß die Kronenbalken, ob sie gleich nur 10 Fuß frei lagen, in der Mitte bis zum Brechen durchgebogen wurden. Dabei erfolgte aber überdies noch dieser Druck in schiefer Richtung und die Zimmerung vermochte dem so wenig Widerstand zu leisten, daß sie in der Längenrichtung nach vorn übergebogen wurde.

Demgemäß ist es meine Ueberzeugung, daß das eng-

lische Tunnelbausystem, trotz des nicht zu bestreitenden Vorzuges eines sehr bequemen und leichten Einbaues, doch nur für solche Fälle mit Sicherheit anwendbar ist, wo kein Totalgebirgsdruck zu befürchten steht und es sich mehr nur um die Abfangung eines momentanen Druckes durch losgelöste Lasten, abbröckelnde Wände und dergleichen, also um eine blose Sicherungs- oder Verwahrungszimmerung handelt.

### B. Das belgische Tunnelbausystem. (Tafel 6.)

Das Prinzip dieser Tunnelbaumethode besteht darin, daß man den Tunnel zunächst in seiner oberen Hälfte vollendet und ausmauert, ehe man den unteren Theil desselben angreift und herstellt, — und gewiß muß diese Verfahrungsweise zunächst auf Jedermann den Eindruck des Widersinnigen machen, da sie etwas Aehnliches bezweckt, als wollte man bei einem Hause das Dach eher ausführen, als die Grundmauern. Indessen hat diese Methode doch auch mehrfach glückliche Verwendung gefunden und in den letzten Jahren ($18^{59}/_{60}$) sind noch die Tunnel bei Punary und Kowno auf der Eidtkuhnen-Dünaburger Eisenbahn, welche ein trockenes Weißsandgebirge durchsetzen, mit bestem Erfolge nach der belgischen Methode hergestellt worden.

Obgleich mir das belgische Tunnelbausystem in meiner eigenen Praxis noch nicht vorgekommen ist, so trage ich doch kein Bedenken, dasselbe hier des Zusammenhanges wegen ebenfalls mit abzuhandeln, zumal ich Gelegenheit genug gehabt habe, mir durch den Umgang mit einem Praktiker, welcher bei den letztgenannten Tunnels selbst beschäftigt war, eine klare Anschauung von der dabei zu verfolgenden Verfahrungsweise zu verschaffen. Sollte man anderwärts anders verfahren sein, so werden die etwaigen Abweichungen jedenfalls nicht von großem Belang sein.

Mit Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 7 auf Tafel 6, in denen jedoch die Dimensionen des Profiles und der Lehrbogenconstruction willkürlich angenommen sind, gehe ich jetzt auf die nähere Beschreibung dieser Tunnelbaumethode über. Wie bereits bemerkt, wird das Tunnelprofil in zwei Abtheilungen angegriffen und zwar zunächst in der obern Hälfte, welche allein eine vollständige Unterstützung erhält. Der eigentliche Angriff erfolgt durch den Firstenstolln, Fig 1, der mit Kappen a und Bolzen b in provisorischer Weise ausgezimmert wird. Ist dieser Firstenstolln 14 bis 16 Fuß weit ins Gebirge hineingetrieben, so erhalten die Kappen durch die Unterzüge c c (Fig. 1 und 2) einen vorzüglichen Verband untereinander und die Letzteren bekommen ihre definitive Unterstützung, wenn man bis in die Sohle der oberen Etage, nämlich bis in die Höhe der Kämpfer des zukünftigen Gewölbes, hinabgelangt ist. Man legt nämlich auf der Sohle die Schwelle d und fängt die Unterzüge mit den Säulen e e ab. Hierauf bricht man in die Seiten hinaus und verfolgt die Umfangslinie felderweise mit dem Einbau der Wandruthen n, n. Die oberste Wandruthe auf jeder Seite wird durch Streben g abgesteift, welche sich auf die neben den Säulen e e stehenden längeren Füße f f stützen; die nächstfolgenden Wandruthen bekommen längere Streben i und kürzere Füße h u. s. w. und zuletzt treibt man die in der Sohle der Etage liegenden Wandruthen durch die Kopfstreben m gegen die Stirn der Schwelle d an.

Da es fast unmöglich ist, die Länge dieser Säulen und Streben so genau abzunehmen, daß sie weder zu lang, noch zu kurz geschnitten sind, wenn sie eingebaut werden sollen, so werden die Säulen und Streben nicht direct gegen die Unterzüge und Wandruthen gelegt, sondern es sind dazwischen Doppel- oder Gegenkeile eingeschlagen, welche das feste Antreiben sehr erleichtern und der ganzen Bölzung eine außerordentliche Solidität und Spannung verschaffen.

Bei der ursprünglichen belgischen Zimmerungsmethode hat man diese Keile nicht, es sind aber auch die Streben nicht in der beschriebenen Weise auf Füße gesetzt, sondern dieselben sind sämmtlich nach der Ecke zwischen dem Fuße der Säulen und der Schwelle gerichtet, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. In diesem Falle ist es aber erst später möglich, den Wandruthen eine definitive Unterstützung zu geben, als bei der vorher beschriebenen Verfahrungsweise, weil die Streben mit Versatz in der Schwelle aufgestellt werden müssen; daher ist die Anwendung der Füße neben den Säulen als eine zweckmäßige Neuerung zu bezeichnen.

Wenn die Auszimmerung der oberen Tunneletage nach Art von Figur 2 vollendet ist, so wird auch sofort zur Ausmauerung geschritten, um den Tunnelobertheil definitiv abzufangen. Das einzubauende Gewölbe kommt hierbei auf provisorische Widerlager zu stehen, nämlich auf eine Unterlage von 6 und 7 bis 8 Zoll starken Mauerschwellen, deren Anzahl sich nach der Stärke des Gewölbes und Druckes richtet. Diese Mauerschwellen a (Fig. 4) sind oben und unten gehörig beschlagen, an den Seiten aber nur soweit nöthig aneinander gepaßt. Zwischen ihnen wird ein Lehrbogengerüst aufgestellt, das nach Fig. 4 aus einer in der Mitte auseinandergeschnittenen und durch Verblattung verbundenen Schwelle, zwei Säulen in der Mitte, zwei Radialstreben, 2 Kreuzstreben und den eigentlichen Bögen mit Schalhölzern zusammengesetzt sein kann, und auf diesen wird die eigentliche Wölbung, deren unterste Schichten direct auf den Mauerschwellen liegen, in der gewöhnlichen Weise ausgeführt.

Bei den erwähnten russischen Tunnels erfolgte die Mauerung mit Ziegelsteinen und das Gewölbe hatte $2^1/_2$ bis 3 Fuß Stärke. Beim Auswechseln der Zimmerungshölzer verfuhr man in der schon oben auf S. 56 beschriebenen Weise, indem man nach dem Wegnehmen der Wandruthen u. s. w. das Gebirge mittelst Pfählen und Steifen abfing, und die Lehrbögen bei zunehmender Last wieder selber stützte. Ueber die Schwierigkeiten, die sich hierin

mitunter bei bedeutendem Drucke ergeben, und über die Methoden zur Ueberwindung derselben wird weiter unten noch mehr zu sprechen sein.

Wir kommen nun zur Gewinnung der untern Abtheilung des Profiles. Bei dieser Arbeit verfährt man in der Art, daß man die Sohle der obern Etage mittelst kleiner Schächtchen angreift und zwar zunächst unter den Widerlagern. Bei den erwähnten russischen Tunnels geschah dies mittelst 8′ langer und 5 bis 6′ breiter Kästen aus $2^1/_2$ bis 3zölligen Tannenbohlen, die an ihren Enden bis auf die Hälfte ihrer Höhe eingeschnitten und zusammengestoßen waren (Fig. 6, b). Ein solcher Kasten wird an einem Punkte auf die Etagensohle aufgesetzt, z. B. bei b in Fig. 5, das davon begrenzte Erdreich ausgesäubert, bis der Kasten versenkt ist, und in derselben Weise fortgefahren, bis man in der Sohle des Tunnels anlangt. Es entsteht dadurch ein mit Holzbohlen ausgekleidetes Schächtchen u (Fig. 5 und 6), in welchem alsdann das Widerlager- und Fundament-Mauerwerk bis unter die Mauerschwellen hinauf ausgeführt werden kann. Letztere werden dann durchgeschnitten und auf die einem solchen Senkkasten entsprechende Länge weggenommen, worauf man den Zwischenraum zwischen der Gewölbemauerung und dem Fundament mit Mauerwerk genau ausfüllt. Es ist klar, daß die Mauerschwellen während dieser Senkarbeit das darüberstehende Gewölbe tragen müssen; da indessen die Gewölbsteine bei einem guten Verbande sich immer gegenseitig übergreifen, so haben die Schwellen eigentlich nur einen Keil von Mauerwerk zu tragen, während der Hauptdruck des Gewölbes von den noch nicht blosgelegten Mauerschwellen und dem festen Erdkörper außerhalb des Kastens aufgenommen wird.

Daß eine derartige Gewinnungsweise nur in lockeren Massen anwendbar ist, ist ebenfalls einleuchtend. Bei den russischen Tunnels konnte die Masse (trockner, weißer Sand) meist mit dem blosen Spaten gewonnen werden; wo sie fester wurde (steiniger Sand) bedurfte man blos der Keil- oder Lettenhaue. Die Fundamentmauer wurde von der Sohle i c (Fig. 6) auf ungefähr 12′ Höhe in Granit-Werkstücken ausgeführt, der obere 3 bis 4′ hohe Theil bis an das Gewölbe aber in Ziegeln im Blockverband, und man richtete dabei die Sache so ein, daß der Zwischenraum gerade eine gewisse Zahl von Ziegelstärken aufzunehmen im Stande war, die oberste Ziegelschicht also ohne Behauen wie ein Schlußstein eingeschoben werden konnte.

Ist die Ausmauerung eines solchen Kastens und die Abfangung des Gewölbes auf seine Länge vollendet, z. B. in dem Stück n n i c (Fig. 6), so beginnt der Bergmann wieder mit dem nächstanstoßenden Stück n c d e und dieser wird hierauf wieder vom Maurer abgelöst. Daher lassen sich oft an einem solchen Tunnel gleichzeitig die in Fig. 6 dargestellten Zustände verfolgen, wo ganz vorn (rechts) ein Stück Firstenstolln, weiter links ein Stück oberste Etage in vollem Ausbruch, noch weiter links ein Stück fertiges Gewölbe mit theilweiser Untermauerung und theilweiser Kastensenkarbeit zu sehen ist.

Als Vortheil dieser Tunnelbaumethode ist wohl hauptsächlich die Holzersparniß anzuführen, da blos das Oberprofil eine vollständige Unterstützung erhält und die bei der Gewinnung der unteren Etage des Tunnelprofiles verwendeten Kastenbohlen zu wiederholten Malen benutzt werden können.

Als hauptsächlichster Nachtheil derselben ist jedoch das unvermeidliche Setzen des Gewölbes zu bezeichnen. Wenn dieses nämlich geschlossen ist, so bekommt es einige Wochen Zeit, um sich vollständig abzubinden; in dieser Zeit werden aber die Widerlager fertig und diese fangen erst an, sich zu setzen, wenn das Gewölbe bereits eine größere Festigkeit angenommen hat. Nun werden immer nur 8′ lange Stücken dieser Untermauerung auf einmal fertig, während das übrige Gewölbe fest auf den Schwellen ruhen bleibt, es kann also nicht ausbleiben, daß sich eine Lostrennung des Gewölbes und Risse einstellen, welche je nach der Stärke des auf dem Gewölbe lastenden Druckes von sehr bedenklichem Einfluß sein können.

Wenn daher auch bei trockenem Sandgebirge der Holzersparniß wegen unter Umständen mit Vortheil von dieser Tunnelbaumethode Gebrauch gemacht werden könnte, so dürfte dieselbe dagegen in nassem und mildem Gebirge, wo reine Getriebezimmerung erforderlich wird, gar nicht zulässig sein, wenn man nicht wenigstens darin eine Abänderung trifft, daß man nach österreichischer Methode die Wandruthen als Unterzüge anwendet und über diesen Sparren und Füße legt, um eine eigentliche Getriebearbeit zu ermöglichen.

Trotzdem würde man aber immer zu befürchten haben, daß bei bedeutenderem Gebirgsdrucke die Gewölbfüße mit den Mauerschwellen ins Gebirge eingedrückt werden würden, und daß in der Mitte eine Hebung entstünde, was zuletzt bis zum Einsturz steigen könnte.

Eben so wenig wird man aber auch andererseits sich der belgischen Tunnelbaumethode in festem Gestein bedienen können, wo Sprengarbeiten vorzunehmen sind, wie dies keiner weiteren Erläuterung bedarf.

Was die Bergförderung anlangt, so erscheint die Förderung aus den Senkkästen sehr unbequem und kostspielig, indessen ist zu bedenken, daß die Tiefe nicht beträchtlich ist, so daß die Massen mittelst zweimaligen Wurfes bis in die Sohle der oberen Etage geschafft werden können.

Bei den dieser Beschreibung zu Grunde liegenden russischen Tunnels erzielte man, wenn der Kopfstolln eine genügende Strecke vorausgetrieben war, mit 6 Häuern und 6 Schleppern in achtstündigen Schichten und täglich 24 Stunden Arbeitszeit beim Ausbruche des Oberprofiles mo-

natlich bis zu 70 Fuß Länge. Jede Kastensenkung forderte 36 Stunden Arbeitszeit von zwei Häuern und zwei Schleppern.

C. Das deutsche Tunnelsystem. (Tafel 6.)

Auch dieses System gehört zu denjenigen, bei welchen nicht das ganze Tunnelprofil auf einmal ausgebrochen wird, sondern ein Kern in der Mitte stehen bleibt, welcher zur Abstelfung der Zimmerung dient.

Ich lernte diese Methode am Bremerich-Tunnel an der Rhein-Nahe-Eisenbahn kennen, welcher in zerklüftetem Mandelsteingebirge getrieben ist, und habe eine Skizze dieses Ausbaues in Fig. 7, Taf. 6, gegeben. Man trieb dort zuerst einen 8′ hohen und eben so weiten Richt- oder Firstenstolln und brach sich dann bis in die definitive Sohle der oberen Etage nieder, wo die Schwelle a gelegt wurde, zog die Kappen mit ihren Thürstöcken ein und wandte sich zum Einbau der Wandruthen auf beiden Seiten. Nach Vollendung dieser Arbeit wurde mit Sprengarbeit an beiden Seiten bis auf die Tunnelsohle niedergegangen, dabei aber in der Mitte ein Kern stehen gelassen, wie in Fig. 7 auf der linken Seite zu sehen ist. Hiernach wurden zunächst die Fundamente für die Mauerung hergestellt und die letztere in derselben Art und Weise ausgeführt, wie dies bezüglich der Fig. 12 auf S. 5 näher beschrieben worden ist.

Von dieser Tunnelbaumethode ist ein weiterer Vortheil nicht zu erwarten, als daß zur Auszimmerung etwas weniger Holz erforderlich ist, wogegen es sofort in die Augen fällt, daß die Gesteins- und Mauerungsarbeiten bei diesem Verfahren sehr erschwert werden müssen. Denn man muß sich auf jeder Seite in einem nur etwa 5 Fuß freien Raume zwischen dem stehenbleibenden Kerne und dem Tunnelumfange niederbrechen, und unter solchen Umständen wird die Gewinnung stets wesentlich kostspieliger ausfallen, als wenn man mehr Raum hat und das Gestein weniger gespannt steht. Soll nun gleichzeitig auch noch in diesem engen Raume von einer hinter den Häuern nachrückenden Abtheilung Maurer die Fundamentmauerung aufgeführt werden, so entsteht selbstverständlich eine so außerordentliche Erschwerung der Bergförderung und der Zuförderung der Baumaterialien, daß selbst bei der besten Organisation und Beaufsichtigung des Dienstes zwischen den von innen hervorkommenden Förderleuten mit Bergen und den von außen kommenden Handlangern mit Holz, Steinen und Mörtel Zusammenstöße nicht zu vermeiden sind. Derartige Begegnungen verursachen aber nicht allein Zeitverluste und damit zusammenhängende Mehrkosten, sondern sie gehen auch gewöhnlich nicht ohne ernstere Streitigkeiten und Reibungen zwischen den Mannschaften ab, welche anderweite Unzuträglichkeiten zur Folge haben.

Soll das deutsche Tunnelsystem bei lockerem Gebirge, wo Getriebezimmerung nöthig wird, angewendet werden, so muß der Ausbau die in Fig. 8 angegebene Form erhalten. Die Thürstöcke oder Säulen e e sind unten und oben eingezapft und werden schief, nach oben convergirend, gestellt, damit die Kappe c etwas weniger lang zu werden braucht. Die Streben d, d sind Centralstreben, welche mit Versatz auf der Schwelle b aufstehen, und Letztere wird durch zwei horizontale Kopfstreben gegen die in der Sohle der oberen Etage liegenden Wandruthen abgespreizt, damit sie nicht zur Seite geschoben werden kann. Die Schächte oder Oerter zu beiden Seiten des Kernes müssen ebenfalls mit Stempeln g. g und dazwischen geschlagenen Spreizen h′ ausgezimmert werden, um die Ulmen dahinter, wie bei der Getriebezimmerung, mit Pfählen richtig verziehen zu können.

Es ist einleuchtend, daß in diesem letzteren Falle ein weiterer Nachtheil der Tunnelbaumethode mit stehenbleibendem Kern hervorzutreten Gelegenheit hat, nämlich die geringe Widerstandsfähigkeit der Verwahrung gegen Seitendruck. Ist dieser sehr stark, wie es z. B. beim Czernitzer Tunnel in Schlesien der Fall war, so findet leicht eine Biegung der Schwelle nach oben statt, und wenn man zur Verhinderung dieses Aufbiegens, welches ein Nachgeben der Ulmen zur Folge hat, die Schwelle durch besondere Hölzer gegen die Firste abspreizt, so verengt man sich den ohnehin schon knapp genug zugemessenen Raum für die Förderung noch mehr.

Somit wird in den meisten Fällen der Vortheil einer gewissen Holzersparniß gänzlich zurücktreten gegen den Nachtheil einer schwereren Gewinnung und Förderung.

D. Das österreichische Tunnelbausystem. (Taf. 6 u. 7.)

Dieses Tunnelbausystem, welches man jedenfalls als das vollkommenste unter allen bekannten Systemen bezeichnen kann, ist bei Projektirung der zahlreichen Tunnel, welche in den letzten Jahren an den österreichischen Bahnen auszuführen gewesen sind, entstanden und hat Gelegenheit gehabt, sich unter den verschiedensten Verhältnissen zu erproben und auszubilden. Es hat mit dem englischen Tunnelbausystem das gemein, daß das ganze Tunnelprofil hereingewonnen und unterstützt wird, ehe die Mauerung beginnt, daß also kein Kern stehen bleibt, unterscheidet sich aber von demselben hauptsächlich durch die Art der Unterstützung des Tunnelumfanges, indem die hierzu bestimmten Hölzer bogenförmig gegen einander gestemmt sind und die Pfahltriebe parallel zur Längenaxe stattfinden, während bei dem englischen Systeme die Unterstützung des Umfanges mittelst Wandruthen, welche parallel zur Tunnelaxe liegen, und der Pfahltrieb tangential zum Umfange oder rechtwinkelig zu den Wandruthen geschieht. Uebrigens hat dieses System nach und nach mehrfache Verbesserungen erfahren, die namentlich dem Herrn Franz Rziha, Abtheilungsingenieur auf der Büke-Kraienser Bahn, zu verdanken sind und welche wir im Folgenden näher zu betrachten haben werden.

Nach der ursprünglich projectirten Modalität, die in Fig. 9 skizzirt ist, nahm die Operation des Tunnelausbruches und Ausbaues ihren Gang von oben nach unten, oder stroffenweise, indem zunächst ein Firstenstolln, Fig. 12, getrieben und dann die Ausweitung des Profiles bis auf die Mittelschwelle vorgenommen wurde, wie aus Fig. 9 und aus der linken Hälfte der Fig. 13 zu ersehen ist.*) Letztere war aus drei zusammengeblatteten Stücken zusammengesetzt und trug in der Mitte die oberen Sparrbocksäulen a, a, welche die Unterzüge b unter der Kappe c stützen, sowie die Strebefüße d und e, gegen welche die Streben f angetrieben sind, welche die Unterzüge b unter den Sparren g und Sparrenfüßen h tragen. War die obere Profilhälfte in dieser Weise ausgebaut, so senkte man sich wieder in der Mitte weiter hinab, bis in das Niveau der Grundschwellen k, stellte daselbst die Hauptsäulen l und die Nebensäulen m auf und griff die Seiten an, bis die Ulmen erreicht waren. Diese wurden mit Stempelhölzern n abgefangen, welche durch Spreizen o gegen die Grundsäulen angetrieben waren, und wenn in dieser Weise der Ausbruch und Ausbau vollendet war, so begann man mit dem Aushub für die Widerlagsfundamente und führte von da aus die Widerlager selbst und die gesammte Mauerung und Wölbung regelrecht auf. War das Schlagen eines Sohlengewölbes nöthig, so verspreizte man die Fußsteine oder Fundamente der Widerlager durch sehr starke Hölzer möglichst solid, damit beim Aushub für das Sohlengewölbe keine Senkung der übrigen, bereits vollendeten Tunnelausmauerung entstehen könne, und führte dieses Sohlengewölbe auf das Sorgfältigste aus, worauf erst die Ausmauerung als ganz fertig anzusehen war.

Es ist einleuchtend, daß diese Tunnelbaumethode sich namentlich für mildes Gebirge viel besser eignen müsse, als irgend eine der vorher beschriebenen Methoden. Denn einmal ist eine eigentliche Getriebezimmerung nur bei dieser Lage der Sparren möglich, wie schon gelegentlich der Fig. 17 auf Taf. 5 bei der englischen Tunnelbaumethode näher nachgewiesen wurde, und dann besitzt dieser Ausbau eine sehr große Widerstandsfähigkeit, da hier die Sparren nicht nur sprengwerksartig gegen einander gestellt, sondern auch noch durch verschiedene Unterzüge in der Mitte ihrer Länge unterstützt sind, endlich aber ist die ganze Zimmerung in ihren einzelnen Gespärren durch die eben erwähnten Unterzüge sehr solid verbunden und in Stand gesetzt, einem Seitenschube kräftig zu widerstehen.

Von den Verbesserungen, welche dieses System durch Herrn Rziha erfahren hat, heben wir namentlich hervor, daß unter die Mittelschwellen Unterzüge untergelegt sind, wodurch die Widerstandsfähigkeit derselben gegen verticalen Druck wesentlich erhöht und der Holzausbau gegen ein Verschieben in der Längenrichtung besser sicher gestellt wird.

Für den Naenser Tunnel im Herzogthum Braunschweig hatte Herr Rziha die nachbeschriebene abweichende Betriebsweise für den westlichen Theil des Tunnels, welcher durch nasse Keuperschichten hindurchzutreiben war, projectirt. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß der Tunnelausbau vom Sohlenstolln aus begonnen und von unten nach oben ausgeführt wird.

Fig. 10 auf Tafel 6 zeigt zunächst den Querschnitt des Sohlenstollns, mit welchem der erste Anfang gemacht wird, und welcher stets dem weiteren Aushiebe des Tunnels vorausgeht. Derselbe ist für zwei Förderbahnen eingerichtet und dient nicht nur zur Erleichterung der Einhaltung der geraden Richtung und zur Untersuchung des vorliegenden Gebirges, sondern gewährt, wie schon erwähnt, zugleich eine sehr wünschenswerthe Gelegenheit zur Entwässerung des Gebirges und Abführung der erschrotenen Wasser, sowie zur Beschaffung mehrerer Angriffspunkte, und erleichtert außerordentlich die Ventilation und Förderung.

Dieser Sohlenstolln muß nun an einer Stelle in Firste, Sohle und Ulmen erweitert werden, um den ersten unteren Sparrenbock aufzustellen. Ueber demselben wird behufs der Aufstellung der nächstfolgenden Sparrenböcke wie bei jeder Getriebezimmerung mit Pfählen abgetrieben, wobei je nach der Entfernung der Sparrenböcke dazwischen noch provisorische Geviere erforderlich sind. Ein solcher Sparrenbock (Fig. 11), welcher die Bestimmung hat, für die sämmtliche Auszimmerung der obern Etage einen festen Fuß zu bilden, besteht aus der Grundschwelle m, den beiden Hauptsäulen l l, welche die Schwellenunterzüge o, o tragen, den Neben- oder Hilfssäulen n, n und der Mittelschwelle p, welche auf Letzteren und den Schwellenunterzügen ruht.

In der oberen Etage des Tunnelprofiles wird gleichzeitig ein Firstenstolln, Fig. 12, getrieben, welcher dem weiteren Ausbruche etwas vorausgeht, und soviel Weite erhält, daß man sogleich die Kappen a des aufzustellenden oberen Sparrenbockes und deren Unterzüge i, i einbauen kann. Alsdann wird dieser Firstenstolln in der Sohle bis auf den unteren Sparrenbock niedergebracht und der obere Sparrenbock eingebaut, wie dies in der linken Hälfte der Fig. 13 angegeben ist. Derselbe besteht aus den Sparrenbocksäulen d d, welche auf der Mittelschwelle aufstehen und die Unterzüge i, i der Kappe tragen, und aus der Kappe a selbst; die Säulen d, d sind ihrer Länge wegen in der Mitte gewöhnlich durch eine Spreitze gegeneinander abgesteift. Der hierdurch gebildete sogenannte hohe Stolln bekommt ebenfalls eine Förderbahn, auf welcher die beim Aushiebe des übrigen Profiles fallenden Berge bequem abgeführt werden.

*) Man darf natürlich nicht vergessen, daß die Figur eigentlich auf beiden Seiten gleich aussehen müßte; es sind hier, und im Folgenden öfter, der Raumersparniß wegen, 2 Figuren in eine zusammengezogen.

Hierauf werden die Ulmen nahe unter der Kappe stollnweise angegriffen und die beiden nächsten Sparren b eingebaut, wobei in der durch die rechte Hälfte der Fig. 13 ersichtlichen Weise verfahren wird. Beim Einbau werden die Sparren durch untergeschlagene Stempel gestützt, und wenn deren mehrere eingebaut sind, so fängt man sie gemeinsam durch einen Unterzug ab. Ebenso wird dann weiter der Raum für die Sparrenfüße c mit Zuhilfenahme provisorischer (verlorener) Zimmerung ausgehauen und deren Einbau vollzogen, wie dies in Fig. 14 dargestellt ist. Dabei werden zunächst auf die Sohle der oberen Etage die beiden äußeren Stücken der Mittelschwelle gelegt, welche durch Ueberblattung und Bolzen mit dem bereits auf dem unteren Sparrenbocke liegenden Mittelstücke verbunden sind, ferner werden neben den oberen Sparrenbocksäulen d die Strebefüße e aufgestellt, auf welche sich die Sparrenstreben stützen, welche die Unterzüge i unter den Sparren b abfangen, und daneben die kurzen Füße f, gegen welche die die Unterzüge unter dem Stoße zwischen den Sparren und den Sparrenfüßen tragenden sogenannten Irenstreben u abgespreizt sind. Längs der kurzen Füße f, f liegen die Langruthen g g, gegen welche die Sparrenfüße mittelst der Fußstreben z, z abgetrieben sind, und die Sparrenfüße c stehen auf sogenannten Fußschwellen y, welche auf der Mittelschwelle aufruhen, und sind am untern Ende durch söhlige Streben x, x gegen die Langruthen abgesteift. Die verschiedenen Unterzüge i, i sind außerdem durch Sprengbolzen k, k gut gegeneinander abgetrieben.

Hiermit ist der Ausbau der obern Etage vollendet und derselbe gewährt dann den Anblick der Fig. 14 auf der rechten Seite. Zum vollständigen Ausbau des ganzen Profiles fehlen nun noch die Ulmentheile, deren Herstellung aber durchaus nicht mit Schwierigkeiten verbunden ist. Man schreitet dabei von oben nach unten vor, indem man felderweise abtreibt. An die Ulmen kommen Wandruthen r, r zu liegen (Fig. 15, Taf. 6), welche durch Spreizen s, s gegen die Reben- oder Hilfssäulen n, n abgetrieben sind, und hinter diesen wird wie bei jeder Getriebezimmerung mit Pfählen abgesteckt. Die untersten Spreizen s sind gegen die Enden der Grundschwelle abgetrieben.

Im Längenprofile Fig. 4 auf Taf. 7 erkennt man rechts, wo ein Stück des vorgetriebenen Firsten- und Sohlenstollns zu sehen ist, außer den bezeichneten Hölzern noch die Anleghölzer v, welche durch Bolzen w gegen die Thürstöcke abgetrieben sind und die Zumachebretter an das Gebirge andrücken. Auch sind hier Schubspreizen y, y angegeben, welche den Gebirgsschub von vorn aufnehmen und dadurch dem ganzen Bölzungsgehölze eine besondere Steifheit verschaffen.

Ist das Sohlengebirge sehr beweglich, so muß man die Sohle mit Brettern, sogenanntem Getäfel, abdecken. Wenn der bergmännische Ausbruch in der vorstehend beschriebenen Weise vollendet ist, so kann zur Ausmauerung des Tunnels geschritten werden. Hierzu werden zunächst die unteren Spreitzen s, s und Wandruthen r r, Fig. 1, Taf. 7, weggenommen und hierauf die Fußsteine a, a des Fundamentes gelegt. Nachdem dann weiter die Quadronhölzer b, b und hierauf die Cirkelstücken c, c eingebaut worden sind, führt man das aufgehende Mauerwerk weiter auf, baut dann die folgenden Quadronhölzer und Cirkelstücken ein, beseitigt die im Wege stehenden Hölzer der Zimmerung und vollendet den unteren Theil der Mauerung, das Widerlagsmauerwerk.

Ist aber (Fig. 2, Taf. 7) das Untergestell der Lehrbögen, die Ständer g g und Spreizen h h, aufgestellt, so kann zum Aufstellen der Lehrbögen zwischen die Felder geschritten werden. Dieselben bestehen aus einer aus zwei Stücken zusammengesetzten Schwelle a, den Ständern b b, den Kappen c, c, dem König e, den Langstreben f f, den Streben i, i, den Bändern m, m und den Cirkel- oder Bogenstücken n, n. Die Ständer, Streben und Bänder sind eingezapft und zwischen die Lehrbögen und die oberen Quadronhölzer b sind Keile eingelegt (Fig. 2), welche beim nachmaligen Ausrüsten oder Lösen und Abtragen der Lehrbögen von wesentlichem Nutzen sind. Auf den Cirkelstücken liegt unmittelbar die aus $2^1/_2$ Zoll starken und breiten Latten bestehende Schalung.

Bei der Mauerung liegt die Hauptschwierigkeit ohne Zweifel in dem Auswechseln, d. h. in dem Wegräumen der im Wege stehenden Hölzer. Nicht selten ist nämlich der Druck so bedeutend, daß die Füße, oder das ganze Gespärre, auch wohl die Pfähle, Keile und Pfandblätter bis in denjenigen Raum hinabgedrückt werden, der für den eigentlichen Mauerkörper bestimmt ist. Man ist dann genöthigt, den Fuß c (Fig. 2, Taf. 7) abzuhauen, um nicht eine zu große, einen Einsturz befördernde Oeffnung zu erhalten, und wenn der Raum sehr beengt ist, so muß er wohl sogar abgestemmt oder abgesägt, das übrige Stück aber auf die Lehrbögen abgebolzt werden. Ebenso müssen auch die Pfähle, welche die Mauerung hindern, durchgestemmt und weggenommen werden, so daß die Mauerung nur stückweise und mit vielfachen Unterbrechungen ausgeführt werden kann.

Es ist im Allgemeinen nothwendig und vorzuschreiben, daß während der Ausführung der Mauerung sämmtliche hinter und über ihr liegende Hölzer am ganzen Umfange herausgerissen werden, weil diese Hölzer mit der Zeit verfaulen und also Nachfall auf das fertige Gewölbe verursachen können. Indessen ist es, namentlich bei bedeutendem Drucke und in schwimmendem Gebirge nicht immer möglich, die Zimmerhölzer ganz zu entfernen, da man während der Ausführung der Mauerung hauptsächlich darauf bedacht sein muß, sich möglichst dicht an das Gebirge anzuschließen,

und man durch Entfernung der Hölzer Gefahr läuft, bedeutende Störungen bei der Arbeit zu erfahren. Was den Verlust durch die steckenbleibenden Hölzer anlangt, so ist derselbe meist viel unerheblicher, als die Kosten für Gewinnung des Holzes, dessen Werth gegenüber den aufzuwendenden Löhnen bei mildem oder schwimmendem Gebirge nicht in Betracht kommen kann. Anders ist es bei festem Gestein, wo die Gewinnung dieser Hölzer stets ohne große Mühe und Kostenaufwand möglich sein wird.

Demgemäß ist denn auch bei mehreren der vorgeführten Figuren angenommen worden, daß ein Theil der Hölzer nicht wieder gewonnen worden sei, z. B. in Fig. 2, Taf. 7 sind links die Ulmenpfähle, in Fig. 3 die Kappen mit Pfählen, Keilen und Pfandbrettern stecken gelassen, was auch in dem Längenprofile, Fig. 4, zu ersehen ist.

Wie bei dem Aushub für das Sohlengewölbe verfahren werde, das ist aus Fig. 5, Taf. 7 zu ersehen. Man legt dabei die beiden Sohlencirkelstücken a a zuerst und beginnt auch die Ausführung des Sohlengewölbes in der Mitte, von da nach beiden Seiten hin gleichzeitig fortschreitend.

Fig. 4 auf Taf. 7 repräsentirt im Längenschnitte verschiedene Stadien eines nach diesem Verfahren hergestellten Tunnels. Das hinterste (am meisten nach links gerichtete) Stück zeigt geschlossenes Mauerwerk mit Sohlengewölbe, das darauf folgende Stück den Zustand nach Aufstellung der Lehrbögen, das nächst daranstehende dritte Stück den Tunnel im fertigen bergmännischen Ausbruche und das vorderste Stück den Zustand, wo blos der Sohlen- und Kopfstolln in's Feld getrieben sind.

Aber diese, schon wesentlich verbesserte Tunnelbaumethode erhielt durch Herrn Rziha bei der wirklichen Ausführung des Naenser Tunnels eine weitere und sehr wesentliche Verbesserung, indem dieser ausgezeichnete Fachmann es ins Werk setzte, mit dem Sohlengewölbe, also mit dem eigentlichen und hauptsächlichsten Fundamente des Tunnelmauerwerkes zu beginnen, ein Unternehmen, welches mit glänzendem Erfolge belohnt wurde.

Nachdem nämlich die Vorarbeiten vom Hauptschachte aus weit genug vorgeschritten waren, um die Ausweitungsarbeiten beginnen zu können, wurde der Bau in folgender Ordnung betrieben. Man verfuhr zunächst ganz auf die durch Fig. 10 bis 13 auf Taf. 6 dargestellte Weise, stellte jedoch den unteren Sparrenbock (abweichend von Fig. 11) soviel tiefer, daß die Unterkante der Grundschwelle a mit dem Rücken des Sohlengewölbes in's Niveau zu liegen kam, wie dies in Fig. 6 auf Taf. 7 dargestellt ist, und versah denselben oben, gewissermaaßen an Stelle der Schwelle, mit einem verzahnten Träger b. Wo es nöthig war, wurde die Grundschwelle a auf ein Getäfel gelegt. Was den gezahnten Träger anlangt, so wird es zunächst auffallen, daß die Verzahnung nach der entgegengesetzten Seite von derjenigen, welche man sonst im Bauwesen bei verzahnten Balken anzuwenden pflegt, gerichtet ist, und es findet diese Abweichung darin ihre Erklärung, daß dieser Träger einem Drucke nach oben Widerstand zu leisten bestimmt ist. Da nämlich seine Enden den ganzen Verticaldruck durch die oberen Säulen c, c und die Strebefüße e, e mitgetheilt erhalten, überdies aber auch noch einen Druck durch die Streben aufzunehmen haben, so wird dieser Träger in der Mitte ein Bestreben zum Aufbiegen erhalten, oder die beiden verbundenen Hölzer b werden sich auseinander zu verschieben suchen, und diesem soll dadurch vorgebeugt werden, daß sie nicht blos durch 2 Schrauben, sondern auch noch durch Verzahnung unter sich verbunden sind.

Dem Einbau des unteren Sparrenbockes ging eine provisorische Zimmerung voraus, so daß er in dem hergestellten freien Raume frei eingebaut werden konnte. Dies war deshalb nöthig, weil die einzelnen Feldwände am Naenser Tunnel 8 Fuß lichte Weite hatten und daher ein Pfahltrieb mit zehnfüßigen Pfählen erforderlich gewesen wäre, welcher aber nicht geeignet sein konnte. Es wäre aber jedenfalls ein directer Einbau des unteren Sparrenbockes möglich, wenn man bei 3 oder 4 Fuß langen Pfählen in Abständen von 3 Fuß provisorische Säulen und Kappen hinter der ersten Wand folgen ließe und dann, wenn 8 Fuß Feldlänge gewonnen wären, eine zweite Wand stellte.

Der in Fig. 6 auf Taf. 7 dargestellte Holzausbau ist für einen sehr hohen Gebirgsdruck berechnet. Es sind nämlich die Sparren und Sparrenfüße mit zwei und sogar drei Unterzügen und Streben abgefangen und die Kappen durch einen Spannbock unterstützt, welcher aus einem Unterzuge g, den Streben h, h, den Langruthen i, i, und den Bolzen l, l besteht. Die Sparrenfüße stehen auf beiden Seiten auf Keilen und Brettstücken. Im unteren Tunnelprofile sind die Wandruthen durch Spreizen m, m gegen die mit Versatz in die Nebensäulen eingelegten Langruthen n, n abgespreizt, und zu unterst ist zur Verhütung einer Senkung der Wandruthen eine Schwellenstrebe v eingebaut. Beim Einbau dieser Langruthen muß man zur einstweiligen Befestigung Klammern anwenden, welche überhaupt beim Tunnelbau unentbehrlich sind und zu Tausenden verbraucht werden. Die oberen, sowie die unteren Säulen sind in die Schwellen eingezapft.

Eine so starke Auszimmerung ist jedoch nicht immer erforderlich und die Fig. 7 giebt einen wesentlich vereinfachten Ausbau. Hier fehlt der obere Spannbock gänzlich, da die 15 Zoll starken Kappen dem Firstendrucke schon einen genügenden Widerstand entgegensetzen. Auch sind die Sparren und Füße nur einmal, höchstens zweimal mit Unterzügen gestützt. Eine derartige Auszimmerung befand sich beim Naenser Tunnel in der Nähe des Hauptschachtes, und da hier kein horizontaler Schub vorhanden war, so bedurfte

man auch keiner Verstrebung gegen den Ortsdruck. Wo aber solch ein Druck von vorn vorhanden ist, da wird man noch Schubstreben anbringen müssen, wie dies in Fig. 8 punktirt bei a a angegeben ist.

Bei diesem Tunnel wurde nun, wie bereits bemerkt, die Ausmauerung mit dem Einbau des Sohlengewölbes begonnen und die Art und Weise, wie dies geschah, ist in Fig. 7, 8 und 9 auf Taf. 7 angedeutet. Der erste Stein, resp. die erste Steinschicht a des Sohlengewölbes wurde in der Mitte oder unter der Tunnelaxe gelegt und von da aus ging die Wölbung nach beiden Seiten hin aufwärts. Die Grundschwellen wurden, wie aus dem Grundrisse, Fig. 9, zu ersehen ist, mit ein Fuß Zwischenraum ummauert, um sie später entfernen zu können, und wenn das Sohlengewölbe bis an die letzten oder äußersten Steine c c vollendet war, so versetzte man erst die Fußsteine d d, an welche sich diese letzten Steine anlehnen. Die übrige Tunnelmauerung bot nichts Abweichendes gegen die früher beschriebene Methode.

Nach Beendigung des Mauerwerkes wurden die sämmtlichen Hölzer und zuletzt die Grundschwellen b b entfernt und die in der Mauerung leer gebliebenen Räume ausgemauert. Weil aber chablonenmäßig bearbeitete Steine (mit radialen Lagerflächen) verwendet wurden, welche also nach außen hin stärker waren, als auf der inneren Seite, so konnten diese leer gebliebenen Räume nicht mit Verzahnung hergestellt werden, da man sonst nicht hätte schließen können.

Beim Naenser Tunnel verwendete man durchaus feste Dolomitquader und gab den aus einer Steinstärke ausgeführten Widerlagern und dem oberen Gewölbe drei, dem Sohlengewölbe 2 Fuß Stärke. Der für das aufgehende und Gewölbemauerwerk bestimmte Mörtel war aus 2 Th. Cement, 5 Th. Sand und 1 Th. Kalk gemischt, derjenige für das Sohlengewölbe aus 1 Th. Cement und 2 Th. Sand; das ganze Gewölbe wurde auf dem Rücken mit einer $1\frac{1}{2}$ zölligen Mörtelschicht überzogen, um die dahinter zufließenden Wasser abzuhalten und nach den in Fig. 10 auf Taf. 7 mit a bezeichneten Canälen hinzuleiten, aus denen es nach dem Abzugsgraben b in der Mitte abfloß.

Eine andere wichtige Modification des österreichischen Tunnelbausystemes benutzte Hr. Abtheilungsingenieur Rziha an der nordöstlichen Mündung des mehrerwähnten Tunnels, wo derselbe in Muschelkalkgebirge zu treiben war. Der Muschelkalk zeigte hier ein ziemlich flaches Einfallen von ungefähr 20 Graden nach dem Berge zu und trat in schwachen, einige Zolle bis höchstens 1 Fuß starken Schichten auf, welche mit dem Tunnel quer zu durchörtern waren.

Um den Geometern bei Angabe der Mittellinie ein leichteres Arbeiten zu verschaffen, war der Sohlenstolln so angelegt, daß sich seine Axe um 1 Fuß außerhalb der Tunnelmittellinie befand, wie aus Fig. 11 auf Taf. 7 zu erkennen ist. Bei den ersten Erweiterungsarbeiten wurde der Bau nach Fig. 11 bis 14 mit Mittelschwelle ausgeführt. Es wurde nämlich zunächst auf die gewöhnliche Weise der Kopfstolln aufgefahren (Fig. 11), dann auf die Sparren vorgebrochen und der Einbau derselben bewirkt, wobei sie durch die Unterzüge a, a und diese provisorisch durch die kleinen gegen das Gebirge angetriebenen Bolzen (Trempel) b, b gestützt wurden (Fig. 13). Dann griff man weiter die ganze Fläche des Oberprofiles an, bis man das Niveau der zu legenden Mittelschwelle erreicht hatte, legte diese und stellte definitiv die mittleren Säulen a auf (Fig. 14). In den Winkel zwischen Letztere und die Mittelschwelle legte man die Langruthen b b, gegen welche die Sparren und Unterzüge mittelst der Sparrenstreben c und Jrenstreben d abgesteift wurden, brachte hierauf die Fußschwellen e, e an die Ulmen und trieb die Füße n, n fest an.

Da die Stärke des Ausbaues dem abzuhaltenden Drucke anzupassen ist, so genugt bei geringerem Drucke der auf der linken Seite der Fig. 14 auf Taf. 7 angegebene Ausbau, während bei stärkerem Drucke (welcher das Gewöhnlichere war) der auf der rechten Seite derselben Figur verzeichnete Ausbau erforderlich war.

Leichter und bequemer erfolgte der Ausbau des Unterprofiles, da die Gewinnung des Gebirgstheiles zwischen der Mittelschwelle und der Firste des Sohlenstollns gar keine Schwierigkeiten bereitete. Man brachte nämlich zunächst die Unterzüge a, a unter die Mittelschwelle (Fig. 1, Taf. 8) und stellte darunter die Grundsäulen b, b auf, beseitigte dann das Thürstockgehölze des Sohlenstollns und brach sich zu den Ulmen hin, wo die Fundamentgräben ausgeschossen wurden. An den Seiten wurde die mit ihren Enden in Bühnlöchern liegende Mittelschwelle entweder durch einen Unterzug unter dem Ende und eine schrägstehende, mit dem Fuße in das Sohlengestein eingelassene Strebe c unterstützt, wie dies auf der linken Seite der Fig. 1 zu ersehen ist, oder es wurde die Unterstützung in der auf der rechten Seite derselben Figur angegebenen Weise bewirkt, nämlich mittelst zweier an den Fundamentgräben stehenden Säulen d, d. Letztere Methode verdient den Vorzug, weil in diesem Falle die Aufführung des Widerlagermauerwerkes ganz unbehindert vor sich gehen kann, wogegen bei der Unterstützung durch einen Unterzug und eine schräge Strebe die Letztere bald hinderlich wird und ausgewechselt werden muß.

Diese Auszimmerung, deren Längenprofil in Fig. 2 zu ersehen ist, bewährte sich bezüglich der Dauerhaftigkeit sehr gut, war aber im vorliegenden Falle mit dem Nachtheil verbunden, daß die starken Mittelschwellen bei der Aufführung der Mauerung vor der Laibungsfläche (etwa bei e) abgeschnitten werden mußten, wodurch ihre weitere Verwendung als Mittelschwellen unmöglich gemacht wurde. Da nämlich die ganze Mauerung aus lauter durchgehenden,

nach der Chablone bearbeiteten Steinen ausgeführt wurde, so war es unthunlich, die Mittelschwellen zu ummauern und diese Oeffnungen nach Herausnahme der Schwellen nachher wieder auszufüllen. Wo man dagegen Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk anwendet, würde man jedenfalls in der Regel die Mittelschwellen liegen lassen können, um sie dann nach Vollendung des Gewölbes durch Abnahme der Schwellenbänder in der Mitte herauszunehmen, weil es keine Schwierigkeiten haben würde, die zurückgebliebenen Oeffnungen auszumauern. Derartige Oeffnungen könnten übrigens für das Mauerwerk nur dann nachtheilig werden, wenn die Schwellen sehr dicht, etwa nur $2^1/_2$ bis 3 Fuß weit auseinander lägen, und in diesem Falle würde es gerathen sein, eine Schwelle um die andere oder jede dritte Schwelle zu opfern und abzuschneiden, während die übrigen Schwellen in der angegebenen Weise wiedergewonnen werden könnten.

Um den beregten Uebelstand zu vermeiden, wurde bei dem Raenser Tunnel eine ganz andere Art Ausbau mit durchgehenden Säulen angewendet, welche in Fig. 3 u. 4 auf Taf. 8 dargestellt ist. Bei dieser Tunnelbaumethode wird zunächst nach der gewöhnlichen Weise der Firstenstolln aufgefahren und auf die Sparren vorgebrochen, so daß auch hierbei die Figuren 11, 12, 13 auf Taf. 7 zum Anhalten genommen werden können; dann aber wurde der Gebirgstheil zwischen dem Firstenstolln und der Kappe des Sohlenstollns hereingewonnen und zum Aufstellen der langen Säulen a, a geschritten, wie es Fig. 3 auf Taf. 8 zeigt. Der Einbau dieser colossalen Hölzer ist natürlich ein schweres Stück Arbeit, es kann aber nicht geleugnet werden, daß dieselben eine viel festere und unbeweglichere Stütze für den weiteren Ausbau zu geben im Stande sind, als die aufeinanderstehenden Sparrenböcke der vorher beschriebenen Tunnelbaumethoden.

Sobald die Säulen errichtet waren, lehnte man die beiden Hilfssäulen b, b an dieselben an und legte auf diese die Langruthen c, c, gegen welche dann sämmtliche Umfangshölzer nach Fig. 4 verstrebt wurden. Nur der Unterzug n (rechte Seite der Figur) und die Fußschwelle o (linke Seite) wurden nicht von den Langruthen aus, sondern durch die mit Versatz in die Hilfssäulen b, b eingesetzten Streben e, e abgefangen, wobei Letztere wohl auch auf eine mit Versatz an die Hilfssäulen angelehnte Langruthe d zu stehen kommen, wie es auf der rechten Seite der Figur 4 angegeben ist.

Die Säulen a sind der Stützung und Verstärkung wegen unten, in der Mitte und oben mit Stegen und Sprengbolzen gegeneinander abgesteift und stehen etwas schief, so daß der Abstand oben um 6 Zoll geringer ist, als unten. Die Sparren ruhen ebenso wie bei den übrigen Modificationen des österreichischen Tunnelbausystemes auf einer Schwelle.

Es dürfte wohl zweckmäßiger sein, den Tunnelausbruch in der Art zu arrangiren, wie es die rechte Seite der Figur zeigt, nämlich so, daß das untere Ende der Sparrenfüße m ganz außerhalb des Gewölbrückens auf dem bloßen Gestein oder untergeschlagenen Keilen ruhte, und daß statt der Fußschwelle ein Unterzugholz n an die Füße angelegt würde. Denn wenn auch wegen des Weiterhinausgreifens der Sparrenfüße etwas mehr Masse ausgebrochen werden müßte, so gewinnt doch andrerseits bei diesem Verfahren der obere Bau weit mehr Halt, als wenn er blos von Fußschwellen o getragen wird, welche bei der geringsten Verschiebung ihrer Verstrebung ihre Spannung verlieren und sich, wenn auch nur unbedeutend, senken, worauf dann die Sparrenfüße und Sparren folgen und der ganze Bau seine Stabilität verliert.

Was den Einbau der Lehrbögen anlangt, so ist von vornherein darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Säulen a wo möglich weit genug auseinander zu stehen kommen, um neben der Geleis- und Wagenbreite ohne Beeinträchtigung der Förderung noch eine Lehrbogenwand l (Fig. 4 auf Taf. 8) aufstellen zu können. Diese hat nämlich die Aufgabe, den Lehrbögen in der Mitte eine feste Stütze zu verschaffen.

Sollte aber durch Verschiebung oder Zusammendrückung des Ausbaues der an sich schon knapp zugemessene Raum zur Förderung so sehr verengt worden sein, daß dies nicht mehr angeht, so muß man sich auf die in Fig. 5 dargestellte Weise helfen. Man stellt nämlich die Lehrbogenwände l, l auf beiden Seiten dicht an die Hilfssäulen und bringt zwischen dieselben einen Spannbock mit einem Schwellenunterzuge ein, unter welchem dann die Förderung ungehindert vorgenommen werden kann.

In dem Längenschnitte, Fig. 6 auf Taf. 8, sieht man links ein Stück völlig ausgewölbten Tunnel, darauf folgt ein Stück mit eingebauten Lehrbögen; hieran schließt sich ein Stück mit Säulenaufstellung an und am vordersten Ende sieht man blos die vorausgehenden Sohlen- und Kopfstölln.

Was das Mauerwerk anlangt, so bestand es auch auf dieser Seite des Tunnels aus gleichförmig starken Dolomitquadern, war jedoch nicht dreifüßig, wie an der andern Seite des Tunnels, sondern blos zweifüßig; nur an der Mündung und beim Uebergange vom Muschelkalke in Keuper wurde auf 2 Ruthen Länge $2^1/_2$ Fuß Stärke gegeben. Der Mörtel war aus 1 Th. Cement, 2 Th. Kalk und 5 Th. Sand gemischt. In der Mitte des Tunnels wurde in der Sohle ein Wassercanal ausgehoben (Fig. 5), welcher dann ausgemauert und mit Sandsteinplatten überdeckt wurde.

Ueber die beiden zuletzt beschriebenen Ausbaumethoden habe ich im Allgemeinen noch zu bemerken, daß sie nach

meinen Erfahrungen sich für schwer bauhaftes Felsengebirge ganz vorzüglich eignen. Bezüglich der Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen das Zusammendrücken und Setzen der Hölzer in sich selbst verdient die letztere Methode mit durchgehenden Säulen unzweifelhaft den Vorzug, weil die aus zwei Stücken bestehenden und durch eine Mittelschwelle getrennten Säulen sich in die Mittelschwelle weit mehr eindrücken und also verkürzen, als die aus einem Stück bestehenden und nur in der Richtung ihrer Holzfasern gedrückten langen Säulen des zweiten Systemes. Aber, wenn man auch hiernach dieser letzteren Modification den Vorzug ertheilen muß, so wird man doch in vielen Fällen davon absehen und sich der durch Fig. 1 und 2 dargestellten Methode bedienen müssen, weil das Gestein oft an den Seiten nicht genug stehen wird. Beim Naenser Tunnel bewährte sich der Säulenbau allerdings vortrefflich, weil die Gebirgsschichten ziemlich horizontal lagen und daselbst in der Mitte ohne alle Abspreizung bis zum Sohlenstolln niedergegangen werden konnte, so daß die Aufstellung der Säulen durch Hölzer nirgends gehindert und beengt wurde. Wo aber die Schichten steil einfallen und der Tunnelrichtung mehr oder weniger parallel streichen, oder gar da, wo das Gebirge sehr brüchig und mild ist und keinen Zusammenhalt besitzt, in solchen Fällen müssen häufig alle freigelegten Gesteinsflächen vorsichtig und stark verbaut werden, und es wird dann fast unmöglich sein, Säulen von 26 bis 30 Fuß Länge zwischen den zur Absteifung erforderlichen provisorischen Hölzern aufzustellen. Für solche Fälle empfiehlt sich aber der in Fig. 1 und 2 auf Taf. 8 dargestellte Ausbau.

Der Einfluß des Streichens und Fallens der Gebirgsschichten ist überhaupt ein sehr bedeutender. Am leichtesten wird der Betrieb eines Tunnels sein, wenn der Tunnel die steil fallenden Gebirgsschichten der Quere nach durchbricht, weil alsdann schon ein ansehnlicheres Stück Tunnelausbruch ohne alle künstliche Unterstützung stehen wird, wohingegen der ungünstigste Fall der sein wird, wo der Tunnel dem Streichen flach einfallender Gebirgsschichten parallel zu treiben ist. Je mehr die Richtung des Tunnels von der Streichrichtung abweicht, um so geringer wird der Druck ausfallen und um so schwächer darf man also auch die Hölzer nehmen.

Liegen die Gebirgsschichten ganz horizontal, so fällt der Firstendruck am stärksten aus, im Uebrigen ist es aber natürlich gleichgiltig, in welcher Richtung man durch das Gebirge hindurch geht; sind die Schichten dagegen sehr aufgerichtet, so hat man nur einen geringen Firstendruck aufzufangen. Meine Erfahrungen sind indessen nicht umfassend genug, um das Verhältniß zwischen dem unter sonst gleichen Verhältnissen stattfindenden Drucke in beiden Fällen bestimmter anzugeben.

Von dem oben beschriebenen Säulenbau unterscheidet sich nur unbedeutend der in Fig. 7 auf Taf. 8 dargestellte Ausbau, den ich in Westphalen kennen lernte. Die Säulen convergiren nach oben etwas stärker, nämlich um 1 Fuß, und stehen auf einer Schwelle b, sind übrigens auch in der Mitte durch einen Steg a und oben, sowie unten durch Sprengbolzen abgespreizt. Bei geringem Drucke, wie er auf der linken Seite der Figur angenommen ist, wird die Fußschwelle unter dem Sparrenfuße durch eine Strebe abgefangen, welche gegen eine zur Seite der Schwelle b liegende Sohlenruthe c angetrieben ist. Ist der Seitendruck dagegen beträchtlicher, so ist die auf der rechten Seite der Figur angegebene Auszimmerung anzuwenden, bei welcher die Ulmen mit Stempelhölzern d und Pfahlgetriebe verzogen sind, die Stempelhölzer aber gegen den Mittelbau abgespreizt werden, weshalb die Säulen durch Sprengbolzen e verstärkt werden müssen.

Eine eigenthümliche Art der Holzverstrebung zeigen noch die Figuren 8 und 9 auf Taf. 8. Dieselbe wurde mir von einem Steiger mitgetheilt, welcher ihre Anwendung bei starkem Schube in der Längenrichtung des Tunnels an einem Tunnel im Krainer Lande kennen gelernt hatte. Es sind dabei Kappen, Sparren und Füße ineinander verzapft, ebenso wie die Grundsäulen in die Grundschwelle und die mittlere Verbindungsschwelle a in die Neben- oder Hilfssäulen b, b. Ebenso sind sämmtliche Streben, mit Ausnahme der beiden oberen Streben c, c, mit Versatz in die Hilfssäulen eingelassen. Gegen den Längenschub waren Streben n, n (Fig. 9, Taf. 8) angebracht, welche sich von der Sohle aus divergirend nach den mittleren Verbindungsschwellen hinneigten; zwischen die Grundsäulen b, b waren starke Sprengbolzen a, a gut eingelassen und auf diese kurze Sprengfüße c, c gesetzt, welche dann wieder durch die nach oben convergirenden Streben d, d abgespreizt waren.

Dem ersten Felde mußte, je nach der Richtung des Schubes, durch einen starken Strebebock zu Hilfe gekommen werden und dieser bestand aus der Bockschwelle e, den Bockfüßen h, einem mittleren Langholze i, einem oberen Langholze l und den Schubstreben m, m.

Ueber diese Art des Ausbaues dürfte zu urtheilen sein, daß sie jedenfalls eine sehr große Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit besitzt, aber auch nicht minder kostspielig ist. Ueberhaupt vermeidet man neuerdings die Verzapfung der Kappen, Sparren und Sparrenfüße gänzlich, vereinfacht auch das Versetzen der Streben durch Einziehen von Langruthen. Die hier angewendete Verstrebung gegen den Längenschub ist dagegen eine sehr wirksame und verdient alle Anerkennung.

---

### Von der Ueberhöhung und dem Setzen der Zimmerung und den erforderlichen Mauerstärken.

Man versteht beim Tunnelbau unter der Ueberhöhung der Zimmerung das Verfahren, die Hölzer etwas höher, in einem etwas größeren Abstande vom Rücken der projectirten Ausmauerung zu legen, als an sich nöthig wäre, wenn sich dieselbe nicht zusammendrückte, setzte. Diese Vorsichtsmaßregel ist geboten, weil sich jedes Zimmerwerk sogar schon unter seinem eignen Gewichte, geschweige denn bei einer irgend beträchtlicheren Belastung setzt, und zwar sind beim Tunnelbaue namentlich folgende vier Ursachen hierzu vorhanden:

1. Die Zusammendrückbarkeit der Hölzer selbst, deren Größe von ihrer Festigkeit und der Richtung, in welcher sie gedrückt werden, abhängig ist, und welche bei Buchen- und Eichenholz in viel schwächerem Grade auftritt, als bei Tannenholz;

2. das Setzen des Gebirges, welches sehr davon abhängt, ob das Gebirge fest, oder milde, oder gar schwimmend ist;

3. die Auswechselung der provisorischen Hölzer, welche dem Einbau der definitiven Zimmerung vorausgeht;

4. das Auswechseln von Hölzern behufs der Mauerung.*)

Steht das Gebirge so gut, daß es nicht unausgesetzt einen Druck auf den Ausbau ausübt, sondern blos zeitweilig die Lostrennung einiger Stücken (Wände) zu befürchten ist, so hat man keine Veranlassung, mit Ueberhöhung zu bauen, und wird dies vermeiden, um das Gewinnen und Fördern überflüssiger Massen zu ersparen. Bei schwer druckhaftem Felsengebirge, namentlich bei geschichtetem Gebirge giebt man im Tunnelscheitel mindestens 2 Fuß Ueberhöhung, welche im Oberprofile nach den Seiten hin bis zur Mittelschwelle bis zu 1 Fuß reducirt werden kann. Kommt aber an den Ulmen ebenfalls stärkerer Druck vor, so behält man 1 Fuß Ueberhöhung bei oder vermindert sie wenigstens nur um einige Zolle. Bei mildem und schwimmendem Gebirge geht man mit der Ueberhöhung nicht unter 3 Fuß; denn es sind Fälle vorgekommen, wo die Zimmerung um 5 Fuß überhöht war und dennoch nachher kaum der nöthige Platz zur Mauerung vorhanden gewesen ist.

Die Gefahr der Zusammendrückung der Hölzer begründet den Vorzug der Rziha'schen Baumethode nach Fig. 10 bis 15, Taf. 6 und Fig. 1 bis 10, Taf. 7, bei welcher der untere Sparrenbock zuerst eingebaut wird; denn es kommt hier der obere Bau auf ein Fundament zu stehen, welches sich bereits gesetzt hat und fest geworden ist, während man früher mit provisorischer Zimmerung von oben bis zur Sohle niedergehen mußte. Bei dieser Methode darf die Ueberhöhung auch um ein Drittel geringer angenommen werden.

Was die zu gebenden Mauerstärken anlangt, so kann ich, da ich persönlich nur die Ausmauerung mit Bruchsteinen, nicht aber diejenige mit Backsteinen kennen gelernt und mir hier nur solche Notizen mitzutheilen vorgenommen habe, welche ich in meiner Praxis zu sammeln Gelegenheit hatte, nur noch Einiges über die Ausmauerung mit Bruchsteinen anführen.

Man wird selbst im besten Gebirge, wo nur dem Ablösen und Niederstürzen einzelner Wände vorzubeugen ist, mit der Mauerstärke nicht gern unter 15 Zoll hinabgehen, braucht aber auch nicht mehr als 18 Zoll anzunehmen. In druckhaftem Gebirge sind 2 bis $2^1/_2$ Fuß Mauerstärke genügend, nur bei besonders großem Drucke und in weichem, nassem, schwimmendem Gebirge wird man 3 Fuß Stärke und mehr anwenden.

### Versuche über den Stollnausbau mit alten Eisenbahnschienen.

Wenn man bedenkt, welche Massen schwerkostigen Holzes beim Tunnelbau erforderlich sind, und welche bedeutende Verengung des Querschnittes durch das Aufstellen starker Holzgezimmer bewirkt wird, so wird der Wunsch wach gerufen, einen eisernen Ausbau an Stelle des hölzernen setzen zu können, zumal da bei den Eisenbahnen immer ein nur schlecht zu verwerthender Vorrath von alten Eisenbahnschienen vorhanden ist, und da sich die Preise für Bauholz ohne Zweifel immermehr steigern werden.

Diese Verhältnisse konnten einem so umsichtigen Ingenieur, wie Herr Rziha, nicht entgehen und hat Derselbe daher auch zunächst Versuche über den Stollnausbau mit eisernen Schienen angestellt, die nach einigen Abänderungen der ursprünglich projectirten Construction zu sehr günstigen Resultaten geführt haben.

Der erste Versuch wurde in druckhaftem, nassem Keupermergel vorgenommen und es erhielten dabei die eisernen Stollngezimmer die in Fig. 10 auf Taf. 8 dargestellte rectanguläre Form. Jedes Gezimmer bestand aus zwei ungefähr 18 Fuß langen alten Eisenbahnschienen, die bei $3^1/_2$ Fuß Abstand von den Enden rechtwinklig umgebogen waren und an den Enden ganz in der Weise, wie bei dem gewöhnlichen Schienengestänge mit Laschen und vier Schrauben verbunden wurden. Sie bildeten zusammen einen rechteckigen eisernen Rahmen von 10′ 3″ Weite und 7′ Höhe (braunschweigisches Maaß), dessen beide Langseiten die Firste und Sohle des Stolln berührten, also die Kappe und Schwelle

*) Es ist mir ein Fall bekannt, wo der Bau in einer Nacht um 5 Zoll gesunken ist, nachdem am vorhergehenden Abend die Lehrbögen in die Zimmerung gestellt und mehrere Hölzer ausgewechselt worden waren.

des gewöhnlichen Thürstockgezimmers vertraten, während die kürzeren Seiten die Thürstöcke vertreten. Hinter diesem Rahmen wurde auch wieder in derselben Weise mit Pfählen angesteckt, wie bei der gewöhnlichen Getriebezimmerung, wie dies näher aus dem Längenschnitte, Fig. 11, hervorgeht.

Die angewendeten Eisenbahnschienen waren $3^1/_4$ Zoll hoch und die eisernen Gezimmer standen ursprünglich 2 Fuß weit auseinander, mußten aber, weil die Firststücke, oder die oberen Seiten der eisernen Rahmen, nach kurzer Zeit in der Mitte zerdrückt zu werden pflegten, bis auf 1 Fuß Abstand zusammengerückt werden. Allein auch dieser Ausbau vermochte dem Drucke nicht genügend zu widerstehen, und so wurde er dahin abgeändert, daß die Firststücken nach einem gedrückten Bogen mit 14 Zoll Stichhöhe geformt wurden, wie es Fig. 12 darstellt.

Nunmehr erzielte man allerdings eine genügende Widerstandsfähigkeit, durfte aber immerhin die Stollnzimmer nicht weiter als $1^1/_2$ Fuß auseinanderrücken, so daß dieser Ausbau im Vergleich zum hölzernen theurer zu stehen kam. Man versuchte also etwas stärkere, nämlich 4 Zoll hohe Schienen, bei denen die mittlere Rippe, der Steg, um $^3/_4$ Zoll höher war, als bei den zuerst angewandten Eisenbahnschienen. Diese Auszimmerung entsprach vollkommen den gehegten Erwartungen, indem man die Stollnzimmer 3 Fuß weit auseinander stellen konnte, ohne daß dieselben vom Gebirgsdrucke zu leiden hatten, und insofern sie bei einem Preise von höchstens 5 Sgr. pro Cubikfuß Buchenholz (loco Baustelle) ebenso billig als hölzerne Thürstockzimmerung zu stehen kamen. Fig. 12 zeigt den Querschnitt dieser eisernen Stollngezimmer.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß diese einfache Art des Stollnausbaues bald eine allgemeinere Anwendung finden wird, besonders in Gegenden, wo gutes Bauholz theuer ist. Sie empfiehlt sich auch für den bergmännischen Stollnbetrieb, obwohl man zu diesem Zwecke den eisernen Thürstöcken eine andere Form zu geben haben würde.

Was die erforderliche Stärke anlangt, so möchte über dieselbe a priori nicht leicht etwas festzustellen sein. Denn, wenn es selbst möglich sein sollte, den Druck zu berechnen, welchen ein vollständig gleichförmiges Gebirge ausüben würde, so kann man doch nie vorauswissen, ob das zu durchörternde Gebirge wirklich ein gleichförmiges ist, ob nicht vielmehr über den unmittelbar durchschnittenen Schichten ganz andere Gebirgslagen liegen und also nach verschiedenen Richtungen auch ein verschiedener Druck stattfinden werde. Es wird daher meistentheils Nichts weiter übrig bleiben, als einige Versuche anzustellen, bis man auf die brauchbarsten und zweckmäßigsten Dimensionen gelangt ist. In wasserreichem Gebirge wird aber allemal ein stärkerer Druck zu erwarten sein, als in trockenem Gebirge, da das Wasser das Gebirge unruhig macht, wie der Bergmann sagt, indem es das Gestein gewissermaaßen in ein Fluidum von dem specifischen Gewichte des Gesteines verwandelt.

Es würde nun hier der Ort sein, auch von dem ganz eisernen Tunnelausbau zu sprechen, welchen Herr Rziha erfunden und mit entschiedenem Erfolg angewendet hat; da aber der Herr Erfinder hierüber in nächster Zeit selbst eine Schrift zu veröffentlichen gedenkt*), so wollen wir ihm nicht zuvorkommen und uns nur mit einigen allgemeinen Andeutungen begnügen.

Bei diesem eisernen Tunnelausbau, welcher ohne Zweifel eine große Zukunft hat, fällt sowohl der bergmännische Holzausbau, als die hölzernen Lehrbögen für die Mauerung weg und es werden dafür gußeiserne Tunnelrahmen aufgestellt, welche ganz dieselbe Form wie das zu gebende lichte Tunnelprofil haben, jedoch um die Stärke der Mauerlatten kleiner sind. Diese Rahmen bestehen aus einzelnen wölbsteinartigen Stücken und sind umgeben von einem den später auszumauernden Raum ausfüllenden Kranze aus kleineren auswechselbaren Stücken, welche aus Eisenbahnschienen gefertigt sind. Hinter letzteren Auswechselrahmen findet das Pfahlgetriebe statt.

Diese eine außerordentliche Holzersparniß bietende eiserne Tunnelausbaumethode dürfte nur insofern einiges Bedenken erregen, als die gußeisernen Tunnelrahmen bei Anwendung von Sprengarbeit nicht leicht vor Beschädigungen zu schützen sein werden, sie bietet aber andererseits so große Vorzüge, daß dieser Uebelstand daneben sehr zurücktritt. Es wird nämlich nicht nur an Raum, Zeit und Arbeitslöhnen bei der Gewinnung, Auszimmerung, Auswechselung und Förderung erspart, sondern man erhält auf diese Weise auch einen vollkommen stabilen Ausbau, für welchen keinerlei Ueberhöhung vorzusehen nöthig ist, und durch welchen jede Gefahr von Einstürzen oder Brüchen beseitigt sein dürfte.

## Aufbau von Brüchen bei Tunneln.

Ehe ich zur Erläuterung dieses Gegenstandes die Beschreibung des Aufbaues eines Firstenbruches im Stortel-Husberger Tunnel auf der Ruhr-Sieg-Eisenbahn gebe, möchte es geeignet sein, den Ursachen, durch welche derartige Einstürze herbeigeführt werden können, eine nähere Betrachtung zu widmen.

Als solche Ursachen möchten hauptsächlich zu bezeichnen sein:

1. ungenügende Widerstandsfähigkeit des Holzausbaues,

*) Der Herr Verf. hat uns diese Abhandlung bereits mehrere Monate vor dem Erscheinen der „neuen Tunnelbau-Methode in Eisen" von Franz Rziha zugesandt. D. Red.

welche wieder durch verschiedene Umstände herbeigeführt werden kann. Sie kann nämlich begründet sein:

a. in unzweckmäßiger Construction der Gezimmer,
b. in ungenügender Holzstärke,
c. in Verwendung ungesunden Holzes, sei es nun, daß dieses bereits ungesund angeliefert, oder durch langes Liegen vor der Verwendung zum Tunnelausbau verdorben worden ist,
d. in eingetretener Fäulniß, wenn der Stollnausbruch zu lange im Holze stehen gelassen wird.

2. Die unerwartete Verstärkung des Druckes durch Klüfte und Feuchtigkeit.

Während die erstgenannten Ursachen durch wohlüberlegte Wahl des Tunnelbausystemes, Auswahl gesunden und hinreichend starken Holzes und gehörige Aufmerksamkeit auf den Zustand desselben vermieden werden können, wobei noch beiläufig zu erwähnen gestattet sein mag, daß das Holzwerk durch künstliche Bewässerung, sowie durch Anstriche mit Schwefelsäure, Kalk, Ulmer Cement u. dgl. etwas länger conservirt werden kann, so ist den durch Klüfte herbeigeführten Einstürzen kaum vorzubeugen möglich, weil ihre Existenz nicht allemal vorherzusehen ist.

Wir verstehen hier unter Klüften engere Gebirgsspalten, welche späterer Entstehung als das Gebirge selbst sind, und bei deren Entstehung das Letztere solche Erschütterungen erfahren hat, daß es in ihrer Nähe meist eine geringere Festigkeit und eine zerklüftetere mürbere Beschaffenheit zeigt. Meist führen diese Klüfte Wasser, weil sie nicht ganz ausgefüllt sind und sich also die in den Boden versickernde atmosphärische Feuchtigkeit auf ihnen hinabziehen kann. Ihre Ausfüllungsmasse ist verschiedener Natur; bald scheint sie durch eingeschwemmte Massen von der Erdoberfläche bewirkt worden zu sein, bald durch Abtrennung und Auflösung der Seitenwände, bald wieder sind es rein mineralische Stoffe, welche aus der Erde emporgedrungen sein dürften, und in letzterem Falle nennt man die Klüfte Gänge. Ihre Längenerstreckung ist so verschieden wie ihre Weite (Mächtigkeit), mitunter aber sehr bedeutend, und es ist demnach in manchen Fällen nicht unmöglich, sich von dem Vorhandensein solcher Klüfte zu überzeugen, wenn man die Oberfläche gründlich geognostisch untersucht. Der erfahrene Bergmann wird hieraus schon ziemlich sichere Schlüsse über den zu erwartenden Gebirgsdruck ziehen können, namentlich wenn er in der betreffenden Gegend und in ihren Gesteinen und Wasserverhältnissen nicht ganz fremd ist. Meistens aber werden solche Klüfte eben dadurch so gefährlich, daß sie ganz unerwartet angetroffen werden und keinerlei Vorkehrungen gemacht sind, um dem plötzlich zunehmenden Drucke kräftig entgegenwirken zu können.

Zu dem nunmehr zu beschreibenden Firstenbruche im Stortel-Husberger Tunnel war eine 3 Zoll weite, viel Wasser zuführende Kluft Ursache, welche in dem 205 Ruthen langen und durch Grauwackengebirge getriebenen Tunnel bei 60 Ruthen Länge von der südöstlichen Mundung mit dem Firstenstolln angehauen worden war. Das Gebirge besaß im Allgemeinen eine ziemliche Haltbarkeit, so daß man beim Vollausbruche zum Theil ganz ohne Ausbau, zum Theil mit blosem Sicherheitsbau ausgekommen war. Der Ausbau erfolgte nach der englischen Methode und man hatte, als man mit dem Vollausbruche unter der Wasserkluft hinwegging, darin weiter keine Aenderung, sondern nur eine etwas größere Sorgfalt eintreten lassen. Die Figuren 1 bis 3 auf Taf. 9 zeigen den vor dem Bruche angewendeten Ausbau.

Im Februar des Jahres 1860 verrieth sich die eingetretene Lostrennung durch ein knisterndes Geräusch, auf welches bald öfteres Krachen folgte, bis mehrere Holzstücke brachen. Aller Anstrengungen der mit der Verstärkung des Ausbaues beschäftigten Bergleute ungeachtet ließ sich dem Einsturze der Firste nicht Einhalt thun. Das in Bewegung gerathene Gebirge schien sich mit großer Schnelligkeit und immensem Drucke auf die Zimmerung aufzusetzen, und nach ungefähr 4 oder 6 Stunden war der in den Figuren 4 und 5 dargestellte Bruch vorhanden.

Derselbe hatte eine kegelförmige Gestalt und reichte bis zu 15 Fuß Höhe über die Tunnelfirste hinauf. Die wasserführende Lettenkluft, welche hier auf der Grenze zwischen Thonschiefer und Grauwacke aufzutreten schien, hatte abweichend von der Neigung der Gebirgsschichten eine Neigung von ungefähr 68 Graden gegen den Horizont und war jedenfalls bei ihrer Entstehung Ursache zu einer Rutschung des hangenden Gebirges, des Thonschiefers, auf dem Liegenden, der Grauwacke, gewesen, durch welche die Erscheinung hervorgerufen wurde, als befände sich diese Kluft auf der Gebirgsscheide beider Gesteine.

Als mir der Ausbau dieses Bruches übergeben wurde, bestand meine erste Arbeit darin, das Gebirge so weit möglich zu untersuchen, um mich zu vergewissern, ob sich auch der Bruch leer gefallen habe, und ob nicht noch weiterer Nachfall zu befürchten sei. Da sich hierbei herausstellte, daß mit Ausnahme einiger Brocken an der Firste keine weiteren losen und lockeren Massen vorhanden seien, so ließ ich zunächst mit größter Eile unter dem Bruche hindurch einen ausgezimmerten Gang nach dem Firstenstolln herstellen, damit der Betrieb dieses Stollns möglichst rasch wieder fortgesetzt werden könne. (Die ganzen Vorarbeiten bei dem mehr erwähnten Stolln bestanden nämlich blos in dem Vortreiben eines Firstenstollns, ein Sohlenstolln fehlte gänzlich.) Dieser Gang oder dieses steigende Ort, welches in Fig. 6 auf Taf. 9 in der linken unteren Ecke zu sehen ist, wurde bogenförmig getrieben und mit einer Art Stempelzug

oder einer dreieckigen Zimmerung verwahrt, welche aus schräg gegen den Seitenstoß und dicht nebeneinander aufgestellten 6, 7 bis 9 Fuß langen Hölzern von verschiedener Stärke, wie sie in der Geschwindigkeit zu beschaffen waren, bestand. Es gelang, diese Ausführung in 12 Stunden zu vollenden, sodaß der Richtstollnbetrieb wieder begonnen werden konnte.

Was den Aufbau des Bruches selbst anlangt, so ist es einleuchtend, daß derartige Arbeiten sehr gefährlicher Natur für die dabei beschäftigten Mannschaften sind, weil sich doch zuweilen einzelne kleinere oder größere Gesteinsblöcke ablösen und in den freien Raum fallen; es erhielten daher einige Bergleute speciellen Auftrag, sorgfältig auf die Vorzeichen vom Loswerden derartiger Stücke zu achten, um die übrigen thätigen Arbeiter warnen zu können. Solche Vorzeichen für das Loswerden großer Blöcke sind ein eigenthümliches knisterndes, rispelndes Geräusch und das Abbröckeln kleiner Steinchen aus der Umgebung des locker werdenden Blockes.

Die erste Arbeit in dem Firstenbruche, dessen Länge im Scheitel der Tunnelfirste 37 Fuß betrug, bestand in der Ausgleichung und Abebnung der obersten Fläche des hineingestürzten Haufwerkes und in dem Aufbringen der provisorischen Schwellen a, a, Fig. 6. Hierauf ging man nun daran, die Langhölzer b, b einzubauen, eine Arbeit, welche eben so sehr durch die Größe und Schwere dieser Hölzer, als durch die Engigkeit und Unregelmäßigkeit des Raumes erschwert wurde. Es waren hierzu 36 Fuß lange Hölzer ausgesucht worden, welche die ganze Bruchlänge faßten, und man hatte dieselben bis an den Bruch geschafft. Hier wurden sie am vorderen Ende an ein Seil befestigt, an welchem die hinter dem Bruche (nach dem Orte zu) befindlichen Bergleute zogen, während die vor dem Bruche aufgestellte Mannschaft durch Schieben nachhalf, bis die Hölzer in den Bruch geschleppt waren. Sie erhielten ihre Unterstützung durch die Hölzer d, d und wurden auf der Oberseite mit Brettern, Pfählen, abgedeckt.

Der über dieser Decke befindliche Raum mußte nun so dicht, wie möglich, ausgefüllt werden und dazu verwendete man ½ bis 1 Fuß starke, 4 bis 5 Fuß lange Strauchbündel (Faschinen), welche sich hierzu ganz besonders eignen, da sie sich dem freien Raume sehr gut anschmiegen, die Zimmerung nur unbedeutend belasten, und derselben, wenn später das Gebirge wieder rege wird und zusammenbricht, zunächst einigen Schutz vor den scharfen, schneidenden Kanten der Felsstücken gewähren, auch wohl den Stoß der auffallenden Masse etwas abschwächen.

Das Einfüllen der Faschinen geschah von Arbeitern, welche an einem möglichst sichern ungefährlichen Orte placirt waren, und wurde damit an einer Seite lagenweise allmälig rückwärts gegangen, bis der Raum angefüllt war. Die Bündellagen konnten dabei natürlich nicht ganz in so regelmäßigen Schichten, wie es die Zeichnung andeutet, eingebracht werden, jedoch suchte man eine gute dichte Ausfüllung zu erzielen, wobei die Faschinen an die besonders gefährlichen Punkte mittelst langer Stangen hingeschoben wurden.

Nachdem auch noch die bei dem Bruche mitzerstörte vordere Zimmerung wiederhergestellt war, so konnte nun zum Bau der eigentlichen Mittelschwellen a a geschritten werden, welche aus zwei Hälften bestanden und in 4 Fuß Abstand von einander zu liegen kamen (Fig. 7 u. 8, Taf. 9), und auf diese wurden dann weiter die Etagensäulen b, b gestellt. Hierauf zog man die Wandruthen c, c ein und unterstützte sie durch die Streben d, d, um endlich noch das ganze Umfangsgehölze nebst den Schwellen mit Bolzen gehörig zu verspreugen.

Es blieb demnach noch der Aufbau des unteren Tunnelprofiles übrig. Der Aufbau des obern Profiles war dadurch erleichtert worden, daß das Seitengestein durchaus günstig war, und man also von der Mitte nach den Ulmen hin vorgehen konnte, sowie dadurch, daß auf die Förderung der im Firstenstolln gewonnenen Massen (Berge) weiter keine Rücksicht genommen zu werden brauchte, weil diese Massen an der Grenze des Vollausbruches ausgestürzt und in großen Wagen mittelst Pferdebahn auf dem Tunnelplanum hinaustransportirt wurden, sodaß die Mittelsäule a (Fig. 9) durchaus nicht hinderlich war. Im Unterprofile mußte dagegen auf Herstellung einer bequemen Förderung besondere Rücksicht genommen werden, weshalb in der Mitte keine Grundsäule angebracht werden durfte. An deren Stelle wurde also ein fester Strebebock aufgestellt, welcher aus dem Unterzug b, den Streben c, c und den Sohlenruthen d, d construirt war. Letztere wurden zugleich mit zur Verstrebung der Schwellenunterzüge e, e an den Enden der Mittelschwellen benutzt. Um die Zimmerung auch gegen eine Verschiebung von vorn sicher zu stellen, wurden die in Fig. 3 auf Taf. 10 mit a bezeichneten Schubstreben angebracht.

Da ursprünglich nur eine 2 Fuß starke Ausmauerung des Tunnels gerechnet war, später aber bestimmt wurde, daß das Mauerwerk im Bruche 3 Fuß stark werden solle, so langte die Weite nicht ganz aus. Im oberen Profile konnte man sich in dieser Beziehung eher helfen, aber im Unterprofile blieb Nichts weiter übrig, als die Ulmen auf ca. 1 Fuß nachzusprengen, was in Fig. 9 auf Taf. 9 durch leichte Schraffur angedeutet wird, und diese Arbeit war nicht allein sehr zeitraubend, sondern auch kostspielig.

Das Mauerwerk wurde in festen Grauwackensteinen ausgeführt und da diese, wenn sie aus dem Bruche kamen, nur glatte Lager, aber sonst weder regelmäßige Stirn, noch Stoßfugen zeigten, so mußten sie noch hammerrecht bearbeitet werden, ehe sie vermauert werden konnten. Die ersten

6 Ruthen von der Tunnelmündung an wurden in Mauerung mit gespitzter Laibungsfläche gesetzt. Die Zurichtung dieser festen Bruchsteine wurde kostspielig genug, da die Steinhauer für den Quadratfuß gespitzte Fläche 4 Sgr. erhielten, während bei Sandstein blos 18 bis 20 Pf. gegeben werden; der Quadratfuß hammerrechte Bearbeitung kostete 1 Sgr.

Das Fundamentmauerwerk wurde in Cementmörtel und das aufgehende und Gewölbe-Mauerwerk in Traßmörtel ausgeführt.

Die ganze Bruchlänge wurde von den Maurern stufenförmig angegriffen. Wenn die Widerlager aufgeführt waren, so wurden die Lehrbögen daraufgestellt und zwar zwischen die Felder. Wo sich an den Widerlagern druckhafte Stellen vorfanden, da legte man Bretter und Anleghölzer gegen dieselben und verspreizte diese gegen die Grundsäulen, wie dies aus Fig. 1 und 2 auf Taf. 10 zu ersehen ist.

Nach Aufstellung der Lehrbögen bekamen diese eine Verbolzung nach oben a, a in Fig. 1, um einer Verdrückung durch Seitenschub vorzubeugen. Bei der Weiterführung des Gewölbes ließ man zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit fast regelmäßig eine Schwelle um die andere in dem Mauerwerke sitzen, ummauerte sie und nahm sie erst später heraus, um die Oeffnungen mit Mauerung auszufüllen. Die übrigen Schwellen wurden an der Laibungsfläche des Gewölbes abgeschnitten.

Die Aufführung des Gewölbes war eine sehr gefährliche Arbeit. Obschon nämlich die Zimmerung ursprünglich mit $1\frac{1}{2}$ Fuß Ueberhöhung gebaut worden war, so hatte sich dieselbe doch bis zum Schließen des Gewölbes wieder so viel gesenkt, daß sie in den Raum des Gewölbes hineinhing. Es hatten sich nämlich die Mittelschwellen, Kronenbalken und darüber liegenden Querhölzer ungefähr um 1 Fuß zusammengedrückt und eine weitere Setzung bis zu 2 Fuß war durch die Auswechselung von Hölzern hervorgerufen worden. Es wird also für ähnliche Vorkommnisse allemal räthlich sein, eine Ueberhöhung von mindestens 3 Fuß zu geben, was auch bei dem beschriebenen Bruche geschehen sein würde, wenn die Bruchbeschaffenheit dies zugelassen hätte.

Während der über diesen Arbeiten verstrichenen Zeit hatte sich der Bruch von Neuem gelöst, wie dies aus den Fig. 2 und 3 auf Taf. 10 zu ersehen ist; die Faschinen, Pfähle, Kappen u. s. w. waren nach der Mitte hin bauchförmig zusammengedrückt und es ergab sich hierdurch ein solcher Druck auf die Lehrbögen, daß sie nochmals durch Unterzüge b, b, Bolzen c, c und Streben d, d abgefangen werden mußten. Die hierbei theilweise in den Mauerkörper eingedrungenen mittleren Kronenbalken e und Querhölzer g mußten von den Zimmerhäuern durch Abstemmen, Abhauen oder Absägen beseitigt werden, wie es am leichtesten gelang, und nicht geringere Mühe machte die Entfernung der Reißigbündel, von denen auch einige so weit hinabgeschoben worden waren.

Das Schließen des Gewölbes erfolgte von der Vorderseite aus stufenweise in Längen von 3, 6 bis 8 Fuß (siehe den Längenschnitt in Fig. 3 auf Taf. 10). Auf den Gewölbrücken wurde eine 1 Zoll starke Schicht Cementmörtel aufgebracht und der dahinter freibleibende Raum mit Steinen gut ausgefüllt. Alle Hölzer, welche dem Maurer nicht in den Weg kamen, ließ man hinter der Mauerung stecken.

Dieser Bruchaufbau war auch insofern als ein gelungener zu bezeichnen, als dabei kein Unglück zu beklagen gewesen ist.

Was die Kosten des bergmännischen Aufbaues, also für Arbeitslohn, Herbeischaffen der Hölzer, Transport der Berge auf ca. 140 Ruthen Entfernung, Beschaffung von ca. 800 Stück Faschinen und allen Eisentheilen, endlich für Beaufsichtigung, anlangt, so beliefen sie sich annähernd auf 2500 Thaler.

(Schluß im nächsten Hefte.)

# Ueber den Ausfluß von Dämpfen und hocherhitzten Flüssigkeiten aus Gefäßmündungen.

Von

Gustav Zeuner.

In meinem in der Mitte des vorigen Jahres erschienenen Buche: „Das Locomotivenblasrohr"*) habe ich gezeigt, welch' wichtige Rolle die Hauptlehren der mechanischen Wärmetheorie auch bei allen Untersuchungen über die Bewegung und den Ausfluß der Flüssigkeiten, der tropfbaren sowohl, wie der elastischen, spielen; ich mußte jedoch dort, dem Zwecke der Schrift entsprechend, die Darstellung beschränken und habe daher nur den Ausfluß der permanenten Gase und der gesättigten Dämpfe behandelt.

Für die Ausflußgeschwindigkeit der gesättigten Dämpfe habe ich aber u. A. eine neue Formel aufgestellt, die auf Wasserdämpfe angewandt, zu eigenthümlichen Resultaten führt, und die wohl bestimmt sein wird, die gebräuchlichen Formeln zu verdrängen.

Wenn ich hier auf einen Theil der genannten Untersuchungen zurückkomme, so geschieht dies, um meine Arbeiten über diesen Gegenstand vollständig darzulegen und zu zeigen, daß die neue Gleichung für die Ausflußgeschwindigkeit der Dämpfe, die ich hier in vollständigerer Form aufstellen werde, weit allgemeiner ist, als es nach meinen frühern Untersuchungen scheinen könnte und daß sie selbst unter Umständen, die sogleich näher bezeichnet werden sollen, für den Ausfluß tropfbar-flüssiger Körper giltig ist. Die Untersuchung in der letztgenannten Beziehung führen auf sehr merkwürdige Resultate.

In dieser Abhandlung werde ich die Fragen über den Ausfluß in möglichst einfacher Form vorlegen und die allgemeinen Entwickelungen, die ich voranschicke, weiter unten zur Lösung eines Problemes verwenden, das ich hier zunächst anführen will, um dadurch den Inhalt des Folgenden im Voraus näher zu bezeichnen:

„In einem Dampfkessel befindet sich eine Flüssigkeit „und Dampf der gleichen Flüssigkeit von bestimmtem Drucke, „beide von der entsprechenden Temperatur.

„Wenn nun 1) der Dampfraum durch eine Mündung „mit einem andern Raume in Verbindung gebracht wird, „in welchem ein geringerer Druck herrscht, mit welcher „Geschwindigkeit strömt der Dampf aus, wie verhält sich „hierbei derselbe und welche Dampfmenge strömt in gewisser „Zeit durch die Mündung, wenn in beiden Räumen der „Druck auf constanter Höhe erhalten wird?

„Wenn ferner 2) der Raum des gleichen Kessels, „welcher die Flüssigkeit im tropfbaren Zustande enthält „(z. B. der Wasserraum eines gewöhnlichen Dampfkessels) „durch eine Mündung mit einem andern Raume, (z. B. „der freien Atmosphäre) in Verbindung gebracht wird, mit „welcher Geschwindigkeit strömt die tropfbare Flüssigkeit aus, „wie verhält sich diese hierbei und welche Masse gelangt in „gewisser Zeit zum Ausfluß?"

Den ersten Theil dieses Problemes habe ich zwar schon in der angeführten Schrift, jedoch dort unter gewissen Beschränkungen behandelt, die ich im Folgenden fallen lassen werde. Die entsprechenden Gleichungen sollen hier überdies auch in anderer Weise entwickelt werden. Der zweite Theil des Problemes, der nach dem Ausflußgesetze der tropfbaren Flüssigkeit fragt, ist neu, wenigstens was die folgende Behandlung der Frage betrifft.

Man hat es hier nicht mit der gewöhnlichen Art des Ausflusses einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers, zu thun und darf daher, wie das bis jetzt allgemein, u. A. in den verschiedenen Berechnungen von Giffard's Injector und bei ähnlichen Untersuchungen geschehen ist, von den gewöhnlichen hydraulischen Formeln durchaus keinen Gebrauch machen.

Schon die Erfahrungen beim Dampfkesselbetrieb beweisen das, denn öffnet man bei einem gewöhnlichen Dampfkessel, der mit Wasser und Dampf gefüllt ist, den Ablaßhahn oder den Probirhahn, der in's Kesselwasser mündet, so strömt nicht blos Wasser aus, sondern es erscheint auch

*) Das Locomotivenblasrohr. Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Zugerzeugung durch Dampfstrahlen und über die saugende Wirkung der Flüssigkeitsstrahlen überhaupt. Zürich, Meyer & Zeller. 1863.

Dampf in der Mündung und die austretende Dampfmenge ist bei hohem Dampfsdrucke, wie er z. B. im Locomotivkessel vorhanden ist, oft so beträchtlich, daß es für den Ungeübten schwer ist, zu erkennen, ob der Probirhahn in den Dampf- oder Wasserraum des Kessels mündet, ob überhaupt der austretende Dampf Wasser mit sich führt.

Man hat es hier mit einer ganz besondern Art des Ausflusses zu thun, über die bis jetzt noch keine Untersuchungen vorliegen, über die aber, wie ich zeigen werde, meine für den Ausfluß der Dämpfe gegebenen Gleichungen ebenfalls vollständigen Aufschluß verschaffen.

## Ausfluß der Flüssigkeiten bei constantem Drucke.

Bei den folgenden Untersuchungen soll vorausgesetzt werden, daß sowohl der Druck im Ausflußgefäße, als derjenige in dem Raume, nach welchem hin der Ausfluß erfolgt, auf constanter Höhe erhalten werde. Es mag der specifische Druck im Ausflußgefäße, d. h. der Druck pro Flächeneinheit in unmittelbarer Nähe der Mündung, jedoch da, wo die Flüssigkeitstheile noch in Ruhe sind, mit $p_1$ (Kilogramme pro Quadratmeter), und der Druck außerhalb der Mündung, in gleicher Art gemessen, mit $p_2$ bezeichnet werden. Das Constanterhalten des Druckes stellt man sich dann am besten in folgender Art vor. Man denke sich zwei Cylinder, die durch eine Zwischenwand getrennt sind, in der sich die Ausflußmündung befindet, beide Cylinder sind mit Kolben versehen.

Der eine Cylinder, dessen Querschnitt mit $F_1$ bezeichnet werde, bildet das Ausflußgefäß, das mit der Flüssigkeit gefüllt ist; der Kolben desselben soll von außen mit $p_1$ pro Quadrateinheit belastet sein, es werde also während des Ausströmens der Kolben mit der Kraft $F_1 p_1$ vorwärts geschoben.

Der zweite Cylinder bilde die Vorlage, den Raum, nach welchem hin der Ausfluß erfolgt. Der Kolben in demselben habe den Querschnitt $F_2$ und sei von außen mit $p_2$ pro Flächeneinheit belastet; während des Ueberströmens der Flüssigkeit in der Vorlage muß sie sich daselbst Raum machen und den Kolben daher mit constantem Drucke $F_2 p_2$ zurückschieben.

Ist nun während einer gewissen Zeit der Kolben im Ausflußgefäße um $s_1$ vor- und derjenige in der Vorlage um $s_2$ zurückgegangen, so hat offenbar die Flüssigkeit im erstern Gefäße die Arbeit $F_1 p_1 s_1$ aufgenommen und im andern Gefäße die Arbeit $F_2 p_2 s_2$ verrichtet; während der angenommenen Zeit ist also die Arbeit

$$F_1 p_1 s_1 - F_2 p_2 s_2$$

auf die Flüssigkeit übertragen worden. Nun ist aber $F_1 s_1$ nichts Anderes als das Volumen der Flüssigkeit, welche in der angenommenen Zeit zum Ausfluß gelangte, im Ausflußgefäße und $F_2 s_2$ das Volumen der gleichen Flüssigkeitsmenge in der Vorlage nach dem Ausflusse. Denke ich mir daher, daß in der angenommenen Zeit gerade die Gewichtseinheit Flüssigkeit ausströmte, so bedeutet $F_1 s_1$ das specifische Volumen der Flüssigkeit (Volumen der Gewichtseinheit) im Ausflußgefäße und $F_2 s_2$ das specifische Volumen in der Vorlage; das erstere werde mit $v_1$, das andere mit $v_2$ bezeichnet und diese Bezeichnung oben benutzt giebt dann

$$p_1 v_1 - p_2 v_2$$

für diejenige Arbeit, welche die Gewichtseinheit Flüssigkeit während des Ausströmens in Folge des Constanterhaltens des Druckes im Ausflußgefäße und der Vorlage aufgenommen hat.

Nun ist aber während des Hinströmens der Flüssigkeit nach der Mündung der Druck aus dem Werth $p_1$ in den Werth $p_2$ und das specifische Volumen aus $v_1$ in den Werth $v_2$ übergegangen und diesem Uebergange entspricht eine Arbeit

$$\int_{v_1}^{v_2} p\,dv,$$

wo p und v Druck und Volumen in einem bestimmten Momente des Ueberganges darstellt.

Die ganze gewonnene oder frei werdende Arbeit beträgt daher pro Gewichtseinheit Flüssigkeit beim Ausströmen unter constantem Drucke

$$p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p\,dv$$

und diese Arbeit ist es, welche auf Erzeugung der Ausflußgeschwindigkeit verwendet wird. Ist w die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeitselemente durch die Mündung strömen, so folgt die Arbeit, welche in der Ebene der Mündung der Gewichtseinheit Flüssigkeit innewohnt:

$$\frac{w^2}{2g},$$

wo g die Acceleration des freien Falles darstellt, und es ergiebt sich daher für den Ausfluß unter constantem Druck allgemein die Gleichung

$$\frac{w^2}{2g} = p_1 v_1 - p_2 v_2 + \int_{v_1}^{v_2} p\,dv. \qquad (1)$$

Die auf der rechten Seite dieser Gleichung angedeutete Integration läßt sich nicht ausführen, so lange man nicht weiß, nach welchem Gesetze sich während des Hinströmens der Flüssigkeit nach der Mündung der specifische Druck p mit dem Volumen v ändert. Die Aenderung kann aber auf unendlich verschiedene Arten erfolgen; es hängt Alles davon ab, ob der Flüssigkeit während des Ueberganges Wärme von außen mitgetheilt oder entzogen wird, und nach

welchem Gesetze das erfolgt. Das Ausflußproblem erscheint hiernach als ein Problem der Wärmelehre.*)

Gleichung (1) schreibt sich auch in folgender Form:

$$\frac{w^2}{2g} = \int [p\,dv - d(pv)],$$

oder einfacher, wenn man die im letzten Gliede angedeutete Differentiation ausführt:

$$\frac{w^2}{2g} = -\int_{p_1}^{p_2} v\,dp$$

oder

$$d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -v\,dp. \qquad (2)$$

Diese Gleichung mag sofort mit Rücksicht auf das vorliegende Problem: Ausfluß der Dämpfe und Flüssigkeiten, umgeformt werden.

Ich denke mir das Ausflußgefäß mit einer Mischung von Flüssigkeit und von Dampf der gleichen Flüssigkeit gefüllt, will aber in der Folge die Flüssigkeit der Einfachheit wegen allgemein mit dem Namen Wasser bezeichnen. Im Ausflußgefäße befinden sich in der Gewichtseinheit Mischung $m_1$ Kilogramm und in der Ebene der Mündung $m_2$ Kilogramm Dampf. In Gleichung (2) bedeutet nun p den Druck und v das Volumen der Gewichtseinheit Mischung von Wasser und Dampf an einem bestimmten Orte des Ueberganges, d. h. an einer Stelle vor der Mündung innerhalb des Ausflußgefäßes, da wo sich die Flüssigkeitsmischung schon in Bewegung gegen die Mündung hin befindet. Ist m die Dampfmenge in der Gewichtseinheit Mischung ebendaselbst, so beträgt die Wassermenge $1-m$ und das Volumen v läßt sich dann in folgender Art bestimmen. Es sei s das Volumen der Gewichtseinheit von gesättigtem Dampfe des Druckes p und der zugehörigen Temperatur t und $\sigma$ sei das specifische Volumen des Wassers, welcher letzterer Werth in der Folge constant vorausgesetzt wird und der für Wasser 0,001 Cubikmeter beträgt; dann ist offenbar das specifische Volumen der Mischung:

$$\begin{aligned} v &= ms + (1-m)\sigma \\ &= m(s-\sigma) + \sigma. \end{aligned}$$

Führt man für den Werth $s-\sigma$, der als Function der Temperatur als bekannt vorausgesetzt wird, den Buchstaben u ein, so folgt

$$v = mu + \sigma. \qquad (3)$$

Im Ausflußgefäße, da wo die Masse noch in Ruhe ist, beträgt das specifische Volumen

$$v_1 = m_1 u_1 + \sigma, \qquad (4)$$

und in der Vorlage

$$v_2 = m_2 u_2 + \sigma; \qquad (5)$$

denn es ist, wie schon vorhin stillschweigend geschehen ist, vorauszusetzen, daß die in der Gewichtseinheit Mischung befindliche Dampfmenge während des Hinströmens nach der Mündung aus dem Werthe $m_1$ in den Werth $m_2$ übergeht, wie sich wegen der Veränderung des Druckes die Temperatur t vom Werthe $t_1$ auf $t_2$ und der Werth u von $u_1$ auf $u_2$ ändern wird. Substituirt man den Werth von v aus Gleichung (3) in Gleichung (2) und schreibt, weil p nur eine Function der Temperatur ist:

$$\frac{dp}{dt}\,dt \text{ statt } dp,$$

so folgt für vorliegendes Problem:

$$d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -mu\frac{dp}{dt}\,dt - \sigma.dp. \qquad (6)$$

Das erste Glied der rechten Seite läßt sich aber durch einen andern Ausdruck ersetzen. Nach der mechanischen Wärmetheorie gilt nämlich, wie Clapeyron und Clausius zuerst gezeigt haben*), für Dämpfe allgemein die Beziehung:

$$r = AuT.\frac{dp}{dt}. \qquad (7)$$

In dieser Gleichung bedeutet A das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit ($\frac{1}{424}$ nach franz. Maaße); T die absolute Temperatur, d. h. die Temperatur nach Celsius, aber gerechnet von einem Punkte aus, der um 273° unter dem Gefrierpunkte liegt; es ist also:

$$T = 273 + t = a + t,$$

wenn der Werth 273 einfach mit a bezeichnet wird.

Endlich ist r die Verdampfungswärme, d. h. die Wärmemenge, welche der Gewichtseinheit Wasser von der Temperatur t von außen zuzuführen ist, um dasselbe unter constantem, der Temperatur t entsprechendem, Druck in Dampf zu verwandeln. Die Benutzung von Gleichung (7) in Gleichung (6) giebt dann:

$$A.d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -\frac{mr\,dt}{a+t} - A\sigma\,dp. \qquad (8)$$

Diese Gleichung ist ebensowenig integrabel, wie Gleichung (1), denn es ist nicht ohne Weiteres bekannt, wie sich die in der Gewichtseinheit Mischung befindliche Dampfmenge m mit der Temperatur ändert. Diese Aenderung hängt davon ab, ob und in welcher Art der Gewichtseinheit Mischung während des Hinströmens nach der Mündung Wärme zugeführt oder entzogen wird. Neben der Gleichung (8) ist daher noch von einer Formel Gebrauch zu machen,

---

*) Ausführlicher findet sich dieser Gegenstand behandelt in meinem Werke „Das Locomotivenblasrohr", S. 58 u. ff.

*) S. diese Zeitschrift Bd. 5, Seite 253, Gl. 76. S. auch des Verfassers „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie." Freiberg 1860. S. 84.

auf welche die mechanische Wärmetheorie geführt hat und die von Clausius zuerst in folgender Form*) gegeben wurde:

$$dQ = c\,dt + d(mr) - \frac{mr}{a+t}\,dt. \qquad (9)$$

Hier bedeutet dQ die Wärmemenge, die der Gewichtseinheit Mischung von Dampf und Wasser von außen zugeführt werden muß, wenn sich die Temperatur t um dt und die Dampfmenge m um dm ändern soll; ferner ist c die specifische Wärme der Flüssigkeit, deren Werth für verschiedene Flüssigkeiten als Function der Temperatur von Regnault bestimmt worden ist.

Gleichung (9) schreibt sich übrigens, wie leicht zu übersehen ist, auch in folgender Art, deren Gebrauch für gewisse Zwecke bequemer ist:

$$dQ = c\,dt + (a+t)\,d\left(\frac{mr}{a+t}\right). \qquad (10)$$

Ist hiernach das Gesetz der Wärmezuführung bekannt, so führt Gleichung (10) auf das Gesetz, nach welchem sich die Dampfmenge mit der Temperatur ändert, und Gleichung (8) giebt dann die Ausflußgeschwindigkeit. Der wichtigste und in der Praxis wohl allein vorkommende Fall ist der, daß der Flüssigkeit während ihres Hinströmens nach der Mündung Wärme von außen weder mitgetheilt, noch entzogen wird, dann ist $dQ = 0$ und es findet sich aus Gleichung (9)

$$\frac{mr}{a+t}\,dt = c\,dt + d(mr).$$

Die Substitution in Gleichung (8) giebt

$$A\,d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -c\,dt - d(mr) - A\sigma\,dp$$

und hieraus folgt durch Integration unter Benutzung der oben angegebenen Grenzwerthe

$$A\frac{w^2}{2g} = \int_{t_2}^{t_1} c\,dt + m_1 r_1 - m_2 r_2 + A\sigma(p_1 - p_2). \qquad (11)$$

Aus Gleichung (10) folgt für $dQ = 0$

$$d\left(\frac{mr}{a+t}\right) = -\frac{c\,dt}{a+t},$$

und hieraus durch Integriren:

$$\frac{m_2 r_2}{a+t_2} = \frac{m_1 r_1}{a+t_1} + \int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t}. \qquad (I)$$

Diese Gleichung erlaubt uns, da die spec. Wärme c sowohl, als die Verdampfungswärme r nach Regnault als Function der Temperatur bekannt ist, den Werth $m_2$ zu berechnen, d. h. die Dampfmenge, welche der Gewichtseinheit Mischung beim Austritt aus der Mündung innewohnt. Die Substitution in Gleichung (11) giebt dann allgemein:

$$A\frac{w^2}{2g} = \frac{m_1 r_1 (t_1 - t_2)}{a+t_1} + \int_{t_2}^{t_1} c\,dt - (a+t_2)\int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} + A\sigma(p_1 - p_2). \qquad (II)$$

Bei allen Ausflußproblemen kann man den innern und äußern Druck als gegeben betrachten, ebenso auch die Dampfmenge $m_1$ pro Gewichtseinheit Mischung im Innern des Gefäßes; dadurch ist nach den bekannten Tabellen über gesättigte Dämpfe auch die Temperatur der Mischung vor und hinter der Mündung bekannt. Das Glied der linken Seite der Gleichung (II), die sich für die gewöhnlichen praktischen Fälle meist weit einfacher schreiben läßt, bedeutet übrigens die Arbeit, welcher der Gewichtseinheit Mischung in der Ebene der Mündung innewohnt, ausgedrückt in Wärmeeinheiten.

Hat man nach dieser Gleichung den Werth der Ausflußgeschwindigkeit w ermittelt, so findet sich das Volumen $V_2$ der Mischung bei äußerm Drucke gemessen, die pro Secunde zum Ausfluß gelangt, wenn der Mündungsquerschnitt mit F bezeichnet wird,

$$V_2 = Fw.$$

Ist ferner G das Gewicht der pro Secunde ausströmenden Mischung, so findet sich, da $m_2 u_2 + \sigma$ das Volumen der Gewichtseinheit in der Mündungsebene ist, [nach Gleichung (5)] auch

$$V_2 = G(m_2 u_2 + \sigma)$$

und daher

$$G = \frac{Fw}{m_2 u_2 + \sigma}. \qquad (III)$$

Endlich folgt das Gewicht D der austretenden Dampfmenge und das Gewicht W der austretenden Wassermenge:

$$D = m_2 G \quad \text{und} \quad W = (1 - m_2)\,G \qquad (IV)$$

und hiermit ist die vorgelegte Frage in voller Allgemeinheit beantwortet. Es bleibt daher nur noch übrig das specielle Problem, welches im Eingange angezeigt wurde, zu behandeln.

## Ausfluß des trocknen gesättigten Dampfes.

Befindet sich im Ausflußgefäß reiner gesättigter Dampf ohne Beimischung von Flüssigkeit, so ist einfach in den allgemeinen Gleichungen, die soeben abgeleitet wurden, $m_1 = 1$ zu setzen, und damit ist eigentlich die ganze Frage schon erledigt. Es mag jedoch im Folgenden die Untersuchung noch etwas weiter ausgedehnt werden, indem speciell für reine gesättigte Wasserdämpfe der Ausfluß derselben in die freie Atmosphäre gründlich erörtert werden soll.

*) Diese Zeitschrift Bd. 5, S. 257 und „Grundzüge &c." S. 105.

Um die Ausflußgeschwindigkeit der Wasserdämpfe unter Voraussetzung verschiedenen Druckes im Dampfkessel möglichst genau zu erhalten, da für die Technik diese Frage von Wichtigkeit ist, habe ich zunächst die folgende Hilfstabelle, welche einzelne Werthe der allgemeinen Gleichungen (I) und (II) angiebt, berechnet.

In der ersten Verticalcolumne ist der Druck des Wasserdampfes in Atmosphären gegeben, die zweite Columne enthält die Temperatur t des Dampfes nach Celsius aus den Versuchen Regnault's abgeleitet und Columne 3 giebt die absolute Temperatur $a + t = T = 273 + t$.

Die 4. Columne enthält die zugehörigen Werthe von:

$$\int_0^t c\,dt,$$

wobei nach Regnault die specifische Wärme c des Wassers:

$$c = 1 + 0{,}00004\,t + 0{,}0000009\,t^2 \qquad (12)$$

eingesetzt wurde.

Columne 5 enthält unter Benutzung des gleichen Werthes von c die Größen:

$$\int_0^t \frac{c\,dt}{a+t}.$$

Columne 6 giebt für die verschiedenen Pressungen die Verdampfungswärme r und Columne 7 die Werthe von $\frac{r}{a+t}$.

Tabelle I. Hilfstabelle für Wasserdämpfe.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Druck in Atmosphären. | Temperatur nach Regnault. t. | Absolute Temperatur $a + t$. | $\int_0^t c\,dt$. | $\int_0^t \frac{c\,dt}{a+t}$. | Verdampfungswärme r. | $\frac{r}{a+t}$. | u. |
| 1 | 100,00 | 373,00 | 100,500 | 0,313561 | 536,35 | 1,43793 | 1,6450 |
| 2 | 120,60 | 393,60 | 121,417 | 0,368145 | 521,89 | 1,32594 | 0,8561 |
| 3 | 133,91 | 406,91 | 134,989 | 0,402053 | 512,45 | 1,25937 | 0,5846 |
| 4 | 144,00 | 417,00 | 145,310 | 0,427108 | 505,24 | 1,21161 | 0,4461 |
| 5 | 152,22 | 425,22 | 153,741 | 0,447133 | 499,33 | 1,17429 | 0,3617 |
| 6 | 159,22 | 432,22 | 160,938 | 0,463919 | 494,27 | 1,14356 | 0,3048 |
| 7 | 165,34 | 438,34 | 167,243 | 0,478403 | 489,83 | 1,11797 | 0,2638 |
| 8 | 170,81 | 443,81 | 172,888 | 0,491205 | 485,84 | 1,09470 | 0,2328 |
| 9 | 175,77 | 448,77 | 178,017 | 0,502696 | 482,20 | 1,07449 | 0,2084 |
| 10 | 180,31 | 453,31 | 182,719 | 0,513120 | 478,98 | 1,05663 | 0,1889 |
| 11 | 184,50 | 457,50 | 187,065 | 0,522663 | 475,80 | 1,04000 | 0,1727 |
| 12 | 188,41 | 461,41 | 191,126 | 0,531500 | 472,90 | 1,02490 | 0,1592 |

In dieser Tabelle sind übrigens die Werthe der Verdampfungswärme r mit Benutzung einer Formel berechnet, die ich in meinen „Grundzügen der mechanischen Wärmetheorie" gegeben habe. Ist nämlich X die sogenannte Gesammtwärme des Dampfes, d. h. die Wärme, welche erforderlich ist, um aus einem Kilogramm Wasser von 0° unter constantem Drucke Dampf von der Temperatur t zu erzeugen, so ist

$$r = X - \int_0^t c\,dt,$$

weil zunächst das Wasser von 0 bis t° erwärmt werden muß. Für X habe ich nun nicht die gebräuchliche Regnault'sche Formel angewendet, sondern eine Gleichung, die in den „Grundzügen ꝛc." S. 95, Gl. (106) angegeben ist. Die Formel lautet:

$$X = 573{,}34 + 0{,}2342\,t + B \text{ logn. } \frac{T}{n},$$

wobei $T = a + t$; $B = 30{,}456$ und $n = 100$ ist.

Die Werthe von u in der letzten Columne vorstehender Tabelle endlich sind nach der Formel:

$$A\,p\,u = B \text{ logn. } \frac{T}{n}$$

berechnet.

Unter zur Hilfenahme der Tabelle ist es leicht, einen speciellen Fall des Ausflusses von Dampf nach unsern Gleichungen näher zu untersuchen.

Nehme ich z. B. an, es fließe aus dem Dampfraume eines Kessels, der gesättigten Dampf von 5 Atmosphären enthält, der Dampf durch eine conische oder gut abgerundete Mündung von F Quadratmetern direct ins Freie, wo

der Druck von 1 Atmosphäre herrscht, so ist nach obiger Tabelle $t_1 = 152^0,22$, $t_2 = 100^0$ und man hat in Gleichung I zunächst zu setzen:

$$\frac{r_2}{a+t_2} = 1{,}43793; \quad \frac{r_1}{a+t_1} = 1{,}17429; \quad m_1 = 1.$$

$$\text{Ferner} \int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} = \int_0^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} - \int_0^{t_2} \frac{c\,dt}{a+t} =$$

$$= 0{,}447133 - 0{,}313561 = 0{,}133572$$

und mit Benutzung dieser Werthe giebt dann Gleichung I

$$m_2 = 0{,}92157.$$

Hiernach folgt zunächst, daß in der Ebene der Mündung der Gewichtseinheit Mischung 0,92157 Dampf und 0,07843 Wasser innewohnt; es erscheint sonach in der Mündungsebene Wasser und Dampf, es muß sich also, da im Kessel nur reiner Dampf vorausgesetzt wurde, beim Hinströmen nach der Mündung die Dampfmenge 0,07843 Kil. condensirt haben.

Was ferner die Ausflußgeschwindigkeit betrifft, so berechnet sich diese nach Gleichung II und zwar ist für vorliegenden Fall auf Grund obiger Hilfstabelle zu setzen:

$$\frac{r_1}{a+t_1}(t_1 - t_2) = 1{,}17429 \,.\, 52{,}22 = 61{,}321.$$

Ferner:

$$\int_{t_2}^{t_1} c\,dt = \int_0^{t_1} c\,dt - \int_0^{t_2} c\,dt = 53{,}241 \text{ und}$$

$$(a + t_2) \int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} = 49{,}81.$$

Endlich ist im letzten Gliede $A\sigma(p_1 - p_2)$ einzusetzen:

$$A = \frac{1}{424}; \ \sigma = 0{,}001; \ p_1 = 5 . 10334; \ p_2 = 10334,$$

woraus folgt:

$$A\sigma(p_1 - p_2) = 0{,}097.$$

Nach entsprechender Substitution in Gl. II ist dann:

$$A\frac{w^2}{2g} = 64{,}837$$

und hiernach, weil $g = 9{,}81$ Meter ist, die Ausflußgeschwindigkeit

$$w = 734{,}42 \text{ Meter.}$$

Das Gewicht der Mischung von Wasser und Dampf, das pro Secunde die Mündung verläßt, ist nach Gl. III, weil $u_2 = 1{,}6450$ ist,

$$G = 490{,}53 \text{ F.}$$

Davon beträgt nach Gleichung IV die Dampfmenge

$$D = m_2 G = 446{,}15 \text{ F Kilogramm}$$

und die Wassermenge:

$$W = (1 - m_2)\, G = 44{,}38 \text{ F Kilogr.}$$

Hätte die Mündung einen Durchmesser von 3 Centimetern, so wäre ihr Querschnitt:

$$F = 0{,}00070686 \text{ Quadratmeter}$$

und daher wäre die pro Secunde austretende Dampfmenge theoretisch genommen, d. h. ohne Rücksicht auf Widerstände und bei Beseitigung der Contraction (durch Abrundung der Mündung)

$$D = 446{,}15 \text{ F} = 0{,}3154 \text{ Kilogr.}$$

Die Wassermenge hingegen:

$$W = 44{,}38 \text{ F} = 0{,}0314 \text{ Kilogr.}$$

Beides zusammengenommen:

$$G = 0{,}3468 \text{ Kilogr.}$$

Um bessern Einblick zu gewähren, habe ich die folgende Tabelle berechnet, unter Zugrundelegung der genauen Formeln I und II und der obigen Hilfstafel.

Nach dem Lesen des im Vorstehenden berechneten Beispieles bedarf die Entstehung der Tabelle keiner weitern Erläuterung. Das Beispiel sowohl, als die Tabelle zeigen die Erscheinung, daß sich ein Theil des Dampfes während des Hinströmens nach der Mündung condensirt und zwar ist beim Ausströmen in die freie Atmosphäre die dem ausströmenden Dampfe beigemischte Wassermenge um so größer, je höher der Druck im Kessel ist.

Ich habe aber in meinem Werke: „das Locomotivenblasrohr" S. 89, gezeigt, daß in verhältnißmäßig geringer Entfernung außerhalb der Mündung das beigemengte Wasser wieder verschwunden, weil dasselbe wieder in Dampf übergegangen ist, und daß sich dann weiterhin der Dampf im überhitzten Zustande befindet.

Man kann sich leicht durch einen Versuch überzeugen, daß sich die Sache wirklich so verhält. Der aus einer Mündung strömende Dampfstrahl erweitert sich conisch nach außen hin, unmittelbar an der Mündung aber hat der Strahl das Ansehen des untern Theiles einer Kerzenflamme. Man unterscheidet nämlich im Innern des Strahles deutlich einen kurzen Kegel von grauer Farbe, dessen Basis die Mündung ausfüllt und dessen Spitze nach außen gerichtet ist; rings um diesen Kegel ist der Strahl von blauer Farbe und durchsichtig, ebenso von der Spitze des innern Kegels an gerechnet bis zu gewisser Entfernung, von wo an der Dampfstrahl wieder trübe und undurchsichtig wird und sich zu kräuseln beginnt.

Der innere, kurze graue Kegel an der Mündung ist ohne Zweifel der mit condensirtem Wasser gemischte Dampf, der blaue durchsichtige Theil des Strahles enthält den Dampf im überhitzten Zustande; weiterhin wird der Dampf-

Tabelle II. Ausfluß gesättigter Wasserdämpfe in die freie Atmosphäre.

| Druck in Atmosphären. | Werthe von $A \cdot \frac{w^2}{2g}$ | Ausflußgeschwindigkeit in Metern. w | Dampfmenge in der Mündung pro Gewichtseinheit Mischung. $m_2$ | Ausflußmengen in Kilogr. pro Secunde. (F Mündungsquerschnitt in Qu.-Met.) Gewicht der Mischung. G | Dampfgewicht. D | Wassergewicht. W. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 27,895 | 481,72 | 0,9601 | 304,83 F | 292,65 F | 12,18 F |
| 3 | 44,236 | 606,62 | 0,9374 | 393,15 | 368,52 | 24,63 |
| 4 | 55,841 | 681,56 | 0,9216 | 449,28 | 414,04 | 35,24 |
| 5 | 64,837 | 734,42 | 0,9095 | 490,53 | 446,15 | 44,38 |
| 6 | 72,199 | 775,00 | 0,8998 | 523,22 | 470,81 | 52,41 |
| 7 | 78,451 | 807,85 | 0,8921 | 550,12 | 490,77 | 59,35 |
| 8 | 83,813 | 835,00 | 0,8848 | 573,25 | 507,24 | 66,01 |
| 9 | 88,579 | 858,41 | 0,8788 | 593,89 | 521,90 | 71,99 |
| 10 | 92,861 | 878,92 | 0,8736 | 611,16 | 533,92 | 77,24 |
| 11 | 96,694 | 896,87 | 0,8687 | 627,18 | 544,82 | 82,36 |
| 12 | 100,214 | 913,05 | 0,8643 | 641,73 | 554,66 | 87,07 |

strahl durch die zuströmende atmosphärische Luft gekräuselt und abgekühlt und so findet von Neuem Condensation statt, wodurch der Strahl wieder undurchsichtig wird.

Man kann bekanntlich unbedenklich die Hand in den Dampfstrahl halten, ohne sich die Hand zu verbrühen, selbst wenn der Dampf unter noch so hohem Drucke ausströmt. Es rührt dies eben daher, daß der Dampf sich außerhalb der Mündung im überhitzten Zustand befindet. Es ist aber, wie ich gefunden habe, nicht möglich, die Hand soweit der Mündung zu nähern, daß man in's Bereich des grauen, von der Mündung ausgehenden Kegels gelangt, ein Zeichen, daß hier der Dampf gesättigt ist und Wasser mit sich führt. A. a. O. habe ich selbst die Länge dieses Kegels berechnet, also ermittelt, in welcher Entfernung von der Mündung eben der Dampf aus dem gesättigten in den überhitzten Zustand übergeht.

Die oben entwickelten Formeln gelten für alle Dämpfe mit einer einzigen Ausnahme. Die neuesten Resultate von **Regnault's** Versuchen (Relations des expériences etc., Bd. 2) enthalten für eine ganze Reihe anderer Dämpfe: Alkohol, Aceton, Chloroform ꝛc., die Werthe der specifischen Wärme c und der Gesammtwärme X als Function der Temperatur. Wendet man diese Resultate auf die beiden Gleichungen I und II an, so ergeben sich im Allgemeinen ähnliche Resultate, wie beim Wasserdampf. Nur der **Aetherdampf** macht eine merkwürdige Ausnahme. Nimmt man an, in einem Dampfkessel befinde sich gesättigter Aetherdampf ohne Beimischung von flüssigem Aether, und berechnet man dann nach Gleichung I den Werth von $m_2$, indem man $m_1 = 1$ setzt, so ergiebt sich jederzeit für $m_2$ ein Werth, der größer als **Eins** ist, ein Resultat, das an sich keinen Sinn hat, das aber beweist, daß der Aetherdampf sich während des Hinströmens nach der Mündung nicht niederschlägt, sondern überhitzt, also schon **im überhitzten Zustande die Mündung verläßt**. Ein einfacher Versuch müßte das beweisen; man hätte nur Aetherdampf durch eine Mündung ausströmen zu lassen. Der Aether-Dampfstrahl wird dann schon von der Mündung an vollkommen durchsichtig sein und den innern, grauen Kegel, den man beim Wasser-Dampfstrahl beobachtet, **nicht** zeigen.

Von allen Dämpfen, die bis jetzt eine Untersuchung nach dieser Richtung hin zulassen, und das sind die Dämpfe von Wasser, Aether, Schwefelkohlenstoff, Chlorkohlenstoff, Chloroform, Aceton, Alkohol und Benzin, zeigt der Aetherdampf **allein** dieses abweichende Verhalten.*) Auf Aetherdampf kann daher meine Ausflußformel II **keine** Anwendung finden.

Kehre ich nochmals zur Betrachtung der beiden allgemeinen Gleichungen I und II zurück, so ist zunächst hervorzuheben, daß dieselben für den praktischen Gebrauch nicht bequem sind, daß sich dieselben aber genau genug durch **einfachere Ausdrücke** ersetzen lassen.

Zunächst läßt sich, so lange man es mit dem Ausflusse trockner, gesättigter **Wasserdämpfe** zu thun hat, das letzte Glied der Gleichung II, nämlich $A\sigma(p_1 - p_2)$, immer vernachlässigen, denn der Werth dieses Gliedes ist selbst beim höchsten Druck, der im gewöhnlichen Dampfkessel zu 12 Atmosphären anzunehmen ist, nur 0,268.

*) S. zwei Abhandlungen des Verfassers in der Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellsch. in Zürich, Jahrgang 1863: „Ueber das Verhalten verschiedener Dämpfe bei der Expansion und Compression“ und „Tabelle für gesättigte Aetherdämpfe“. S. auch „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,“ Bd. VII, S. 497.

Ferner darf man für die specifische Wärme c des Wassers unbedenklich für die bei Dampfkesseln vorkommenden Dampfspannungen den constanten Mittelwerth c = 1,0224 in Rechnung bringen. Setzt man überdies der einfachern Bezeichnung wegen $a + t_1 = T_1$ und $a + t_2 = T_2$, so folgt nach Gleichung I:

$$\frac{m_2 r_2}{T_2} = \frac{m_1 r_1}{T_1} + c \operatorname{logn.} \frac{T_1}{T_2} \qquad (11)$$

und aus Gleichung II.:

$$A \frac{w^2}{2g} = \left(c + \frac{m_1 r_1}{T_1}\right)(T_1 - T_2) - c T_2 \operatorname{logn.} \frac{T_1}{T_2}. \qquad (12)$$

Dabei kann man auch bei Bestimmung der Verdampfungswärme r von der Clausius'schen empirischen Formel

$$r = 607 - 0{,}708\, t \qquad (13)$$

Gebrauch machen.

In dieser Form, in welcher ich die Gleichungen zuerst in meinem Werke: „das Locomotivenblasrohr" gegeben habe, sind die Gleichungen schon sehr bequem; für geringe Temperaturdifferenzen, also für geringen Ueberdruck bis zu 2 Atmosphären, kann man aber sogar noch statt Gl. (12) die einfachere Gleichung

$$A \frac{w^2}{2g} = \frac{m_1 r_1}{T_1}(T_1 - T_2) \qquad (14)$$

in Anwendung bringen und die Dampfmenge $m_2$ in der Mündungsebene nach der Formel

$$m_2 r_2 = \frac{T_2}{T_1} m_1 r_1 + c\,(T_1 - T_2) \qquad (15)$$

berechnen, weil sich bekanntlich für den Fall, daß $T_1$ nur wenig größer als $T_2$ ist, näherungsweise

$$\operatorname{logn.} \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

setzen läßt. Für die gewöhnlichen Fälle läßt sich auch noch reiner gesättigter Dampf voraussetzen, wobei dann $m_1 = 1$ anzunehmen ist. Die Gleichungen III und IV erleiden keine Veränderung, höchstens ließe sich noch in Gleichung III der Werth $\sigma$ als sehr klein vernachlässigen.

Alle die angegebenen Gleichungen, die ich für den praktischen Gebrauch in Vorschlag bringe, geben nun freilich die Ausflußgeschwindigkeit und Ausflußmengen ohne Rücksicht auf die Widerstände in der Ausflußmündung. Um diesen Widerständen Rechnung zu tragen, bleibt bis auf Weiteres nichts übrig, als die Geschwindigkeits- und Ausflußcoefficienten anzunehmen, die für den Ausfluß des Wassers durch Versuche ermittelt worden sind. Die bis jetzt über den Ausfluß der Luft angestellten Versuche deuten darauf hin, daß diese Coefficienten für tropfbare und elastische Flüssigkeiten nahezu dieselben sind. (S. Schluß dieses Aufsatzes.)

Schlüßlich möchte ich nochmals hervorheben, daß die von mir aufgestellten Gleichungen ausdrücklich unter der Voraussetzung entwickelt wurden, daß der im Ausflußgefäße nach der Mündung hinströmenden Masse von außen her Wärme weder zugeführt, noch entzogen wird, ein Fall, mit dem man es in der Praxis wohl allein nur zu thun hat. Ich hätte aber auch andere Voraussetzungen machen können; die nächstliegende wäre z. B. die, daß der nach der Mündung strömende Dampf zwar gesättigt bleibt, daß aber keine Condensation stattfindet, daß also die in der Gewichtseinheit Mischung befindliche Dampfmenge m constant ist.

Unter dieser Voraussetzung giebt Gleichung (8) durch Integration:

$$A \frac{w^2}{2g} = m_1 \int_{t_2}^{t_1} \frac{r\,dt}{a + t} + A\sigma\,(p_1 - p_2)$$

und die hier angedeutete Integration läßt sich ausführen, da r als Function von t bekannt ist. Setze ich im Ausflußgefäße reinen Dampf voraus, setze ich also $m_1 = 1$, so giebt die Gleichung für die Ausflußgeschwindigkeit w Werthe, die fast genau mit denen übereinstimmen, die man nach Redtenbacher's Formel erhält. Es ist das begreiflich, da streng genommen Redtenbacher seine Formel unter der gleichen Voraussetzung entwickelt hat.*)

Macht man aber dieselbe Voraussetzung, daß $m_1 = 1$ und m constant ist, auch in Gleichung (9), so ergiebt sich für die Wärme dQ ein positiver Werth, ein Zeichen, daß die Annahme, m sei unveränderlich, eigentlich die Folge der Voraussetzung ist, daß der nach der Mündung strömenden Dampfmenge in ganz bestimmter Weise Wärme von außen zugeführt werde, ein Fall, der in der Praxis nie vorkommt. Ich halte daher die Redtenbacher'sche Formel für unzuläßig, höchstens darf man sie, wie ich a. a. O. gezeigt habe, nur für geringe Druckdifferenzen in Anwendung bringen. Redtenbacher konnte freilich beim damaligen Stande der ganzen Frage den eben erwähnten Umstand nicht erkennen.

### Ausfluß hocherhitzter Flüssigkeiten unter dem der Temperatur entsprechenden Dampfdrucke.

Schon im Eingange dieser Abhandlung habe ich hervorgehoben, daß die allgemeinen, hier aufgestellten Gleichungen auch den Fall in sich schließen, daß das Ausflußgefäß mit Flüssigkeit im tropfbaren Zustande gefüllt ist, und daß der Ausfluß unter dem der Temperatur entsprechenden Dampfdruck erfolgt. In diesem Falle ist in den Gleichungen I und II einfach $m_1 = 0$ zu setzen und man erhält dann:

$$\frac{m_2 r_2}{a + t_2} = \int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a + t} \qquad (16)$$

*) „Locomotivenblasrohr" S. 76.

und:

$$A \cdot \frac{w^2}{2g} = \int_{t_2}^{t_1} c\,dt - (a+t_2)\int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} + A \cdot \sigma\,(p_1 - p_2). \qquad (17)$$

Die Gleichung (16) ergiebt die Dampfmenge $m_2$, welche der Gewichtseinheit Mischung von Flüssigkeit und Dampf in der Ebene der Ausflußmündung innewohnt, wenn, wie vorausgesetzt wurde, die Flüssigkeit im Ausflußgefäße im tropfbaren Zustande enthalten ist. Hiernach geht allgemein ein Theil der Flüssigkeit beim Hinströmen nach der Mündung in Dampf über. Das Gewicht der Dampf- und Flüssigkeitsmischung, das pr. Secunde durch eine Mündung von F Quadratmetern ausströmt, ist hier, wie oben nach Gleichung III

$$G = \frac{Fw}{m_2 u_2 + \sigma}. \qquad (18)$$

Davon beträgt die Dampfmenge

$$D = m_2 G \qquad (19)$$

und die Flüssigkeitsmenge:

$$W = (1 - m_2)\,G. \qquad (20)$$

Um klaren Einblick in die Sache zu geben, soll ähnlich, wie bei Untersuchung des Ausflusses der reinen Dämpfe ein Beispiel berechnet werden, indem ich die vorstehenden Formeln auf Ausfluß von Wasser in Anwendung bringe.

Man denke sich z. B. einen Dampfkessel, in welchem sich Wasser und Dampf unter dem Drucke von 5 Atmosphären befinde, die Temperatur im Kessel sei also $t_1 = 152^\circ{,}22$. In der Wand des Kessels, da wo dieselbe im Innern mit Wasser bedeckt ist, befinde sich eine nach innen gut abgerundete Ausflußöffnung von F Quadratmetern, durch welche das Wasser in die freie Atmosphäre strömen kann. Außerhalb der Mündung ist also der Druck 1 Atmosphäre und die diesem Drucke entsprechende Temperatur $t_2 = 100^\circ$. Es sei nun der Ausfluß näher zu untersuchen.

Nach der oben gegebenen Hilfstafel ist für vorliegenden Fall

$$\frac{r_2}{a+t_2} = 1{,}43793 \quad \text{und} \quad \int_{t_2}^{t_1} \frac{c\,dt}{a+t} = 0{,}133572$$

und hiernach folgt nach Gleichung (16)

$$m_2 = 0{,}0929.$$

Dann folgt weiter nach Gleichung (17), weil überdies

$$A\sigma\,(p_1 - p_2) = 0{,}097 \quad \text{und} \quad \int_{t_2}^{t_1} c\,dt = 53{,}241 \text{ ist:}$$

$$A \cdot \frac{w^2}{2g} = 3{,}516,$$

und die Geschwindigkeit w, mit welcher die Wasser- und Dampfmasse durch die Mündung strömt:

$$w = 171{,}02 \text{ Meter.}$$

Das Gewicht der Mischung beträgt, weil $u_2 = 1{,}6450$ ist, nach Gleichung (18):

$$G = 1112{,}0\ F \text{ Kilogr pro Secunde.}$$

Davon sind:

$$D = m_2 G = 103{,}3\ F \text{ Kilogr.}$$

dampfförmig und

$$W = (1 - m_2)\,G = 1008{,}7\ F \text{ Kilogr.}$$

im tropfbar flüssigen Zustand.

Hätte die kreisförmige Mündung einen Durchmesser von 3 Centimetern, so wäre ihr Querschnitt

$$F = 0{,}00070686 \text{ Quadratmeter}$$

und dann würde pro Secunde

$$D = 103{,}3\ F = 0{,}0730 \text{ Kil. Dampf}$$

und:

$$W = 1008{,}7\ F = 0{,}7130 \text{ Kilogr. Wasser}$$

zum Ausfluß gelangen.

Auf die durch vorstehendes Beispiel angedeutete Weise ist die umstehende Tabelle III entstanden.

Diese Tabelle ergiebt sehr merkwürdige Resultate. Zuerst ersieht man, daß dem aus dem Wasserraume eines Dampfkessels austretenden Wasser in der Mündungsebene auch jederzeit Dampf beigemischt ist, der sich sonach während des Hinströmens nach der Mündung bildet, und daß diese Dampfmenge dem Gewichte nach um so größer ist, je größer der Druck im Kessel ist. Das Gewicht G der Mischung von Wasser und Dampf, die in der Secunde durch eine gewisse Mündung austritt, ist ferner nahezu constant für die Pressungen bis zu 12 Atmosphären, wenigstens nehmen die Werthe, wie die Tabelle zeigt, nur sehr langsam mit dem Drucke zu. Am meisten auffallend sind aber die Werthe in der letzten Columne der Tabelle. Die Wassermenge, welche im tropfbar flüssigen Zustand durch die Mündung geht, zeigt sich um so geringer, je höher der Druck im Kessel ist.

Das sind Resultate, welche ganz und gar abweichen von denen, die man erhält, wenn man für vorliegendes Problem die gewöhnlichen hydraulischen Formeln anwendet.

Die Formel, die für den gewöhnlichen Ausfluß des Wassers gilt, ist unter Beibehaltung obiger Bezeichnung:

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \sigma\,(p_1 - p_2),$$

wo $\gamma$ die Dichtigkeit (Gewicht der Volumeneinheit) des Wassers bedeutet, welcher Werth zum specifischen Volumen $\sigma$ des Wassers in der Beziehung $\gamma\sigma = 1$ steht. Die vorstehende Formel giebt beispielsweise folgende Tabelle IV:

Tabelle III. Ausfluß von erhitztem Wasser in die freie Atmosphäre unter dem der Temperatur entsprechenden Dampfdruck.

| Druck in Atmosphären. | Werthe von $A \cdot \frac{w^2}{2g}$ | Ausflußgeschwindigkeit in Metern. w | Dampfmenge in der Mündung pr. Gewichtseinheit Mischung. $m_2$ | Ausflußmengen in Kilogr. pro Sec. F Mündungsquerschnitt in Quadratmet. Gewicht der Mischung. G | Dampfgewicht. D | Wassergewicht. W. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,581 | 69,52 | 0,0380 | 1095,8 F | 41,6 F | 1054,2 F |
| 3 | 1,531 | 112,85 | 0,0615 | 1103,9 | 67,9 | 1036,0 |
| 4 | 2,530 | 145,07 | 0,0790 | 1108,3 | 87,5 | 1020,8 |
| 5 | 3,516 | 171,02 | 0,0929 | 1112,0 | 103,3 | 1008,7 |
| 6 | 4,477 | 192,98 | 0,1046 | 1115,5 | 116,6 | 998,9 |
| 7 | 5,403 | 212,00 | 0,1146 | 1118,3 | 128,2 | 990,1 |
| 8 | 6,297 | 228,87 | 0,1235 | 1120,7 | 138,4 | 982,3 |
| 9 | 7,165 | 244,14 | 0,1315 | 1123,1 | 147,7 | 975,4 |
| 10 | 8,003 | 258,02 | 0,1388 | 1125,3 | 156,2 | 969,1 |
| 11 | 8,814 | 270,78 | 0,1454 | 1127,1 | 163,9 | 963,2 |
| 12 | 9,603 | 282,64 | 0,1516 | 1129,1 | 171,1 | 958,0 |

Tabelle IV.

| Druck im Ausflußgefäße in der Ebene der Mündung in Atmosphären. | Ausflußgeschwindigkeit in Metern. w | Wassermenge pro Sec. in Kilogr. $F w \gamma$. |
|---|---|---|
| 4 | 24,663 | 24663 . F |
| 8 | 37,673 | 37673 . F |
| 12 | 47,226 | 47226 . F |

Vergleicht man die Werthe dieser Tabelle IV mit den, gleichem Drucke entsprechenden Werthen der vorigen Tabelle, so zeigt sich, daß die Ausflußgeschwindigkeit w bei kaltem Wasser zwar kleiner, die ausströmende Wassermenge aber viel größer ist, als bei heißem Wasser und zwar in den drei Fällen beziehungsweise

24,16; 38,35 und 49,30 Mal so groß.

Die großen Differenzen erklären sich sofort dadurch, daß eben beim Ausfluß des erhitzten Wassers unter den oben gemachten Voraussetzungen neben dem Wasser zugleich Dampf in der Mündung erscheint, der wegen seines großen specifischen Volumens den größten Theil der Mündung ausfüllt. Die Resultate meiner vorstehenden Untersuchungen sind so eigenthümliche und weichen so sehr ab von allen Annahmen, die man bis jetzt in dieser Beziehung machte, daß ich es für nothwendig hielt, die Untersuchungen auf experimentellem Wege weiter zu führen.

Zu diesem Zwecke ließ ich in das ungefähr 5 Centimeter weite Rohr des Wasserablaßhahnes am untern Theile der äußern Feuerbüchsenwand einer Locomotive eine gut abgerundete Mündung von 1 Centimeter Weite einsetzen. Vor diese Mündung stellte ich einen ringsum geschlossenen Aichkasten, an dessen einer Seite eine Oeffnung sich befand, durch welche der Dampf- und Wasserstrahl in den Kasten trat. Der Deckel des Kastens hatte eine Oeffnung, durch welche der Dampf in's Freie treten sollte. Das Wasser hingegen, welches gleichzeitig mit dem Dampfe die Mündung verließ, wollte ich im Kasten zurückhalten und so die Menge desselben bestimmen. Als nun die Spannung im Locomotivkessel 6 Atmosphären betrug, wurde der Ablaßhahn geöffnet; leider mußte ich mich aber auch sofort überzeugen, daß der Versuch, die Wassermenge auf diesem Wege zu ermitteln, zu keinem Resultate führte. Der durch die Oeffnung im Deckel des Aichkastens abströmende Dampf riß den größten Theil des Wassers mit sich fort. Ich wiederholte dann die Versuche mit einigen Abänderungen an einem stationären Kessel und fand dort meine Rechnungsresultate wenigstens soweit bestätigt, daß ich an der Richtigkeit der obigen Untersuchungen durchaus nicht zu zweifeln habe. Die letztgenannten Versuche waren aber immer noch der Art unbefriedigend, daß ich hier die nähere Beschreibung der Versuchsart und Angabe der Resultate unterlasse. Es wäre sehr zu wünschen, wenn von Andern, denen bessere Hilfsmittel zu Gebote stehen, als mir, die Versuche wiederholt würden. Ich will hier nur noch bemerken, daß ich, als der erste Versuch an der Locomotive mißglückte, das Wasser und den Dampf unter 6 Atmosphären Druck direct in's Freie strömen ließ, um den Strahl näher zu beobachten. Der Strahl, der doch aus einer Mündung kam, die sich in der Kesselfläche des Wasserraumes des Locomotivkessels befand, hatte ganz das Ansehen eines Dampfstrahles, und daß er Wasser mit sich führte, ersah man nur daraus, daß der Fußboden in der Richtung des Strahles rasch mit

Wasser benetzt war. Eine auffallende Erscheinung war es aber, daß ich an jeder Stelle des Strahles die Hand einhalten konnte; die Hand war sofort vollständig benetzt und ich fühlte deutlich das Anschlagen unzähliger Wassertropfen. Es ist daraus zu schließen, daß die Temperatur des Strahles außerhalb der Mündung weniger als 100° betrug, und daß im Strahle während des Durchströmens der Atmosphäre eigenthümliche Aenderungen stattfinden mögen; wahrscheinlich setzt sich die Verdampfung des Wassers auch außerhalb der Mündung fort in ähnlicher Weise, wie ich das für den gewöhnlichen Dampfstrahl im „Locomotivenblasrohr“ S. 89, näher dargelegt habe.

Die allgemeinen Gleichungen (16) und (17), die bei vorliegendem Probleme Verwendung fanden, lassen sich für praktische Fälle genau genug durch einfachere Formeln ersetzen. Setze ich wieder die specifische Wärme des Wassers constant und zwar im Mittel $c = 1{,}0224$; setze ich ferner $a + t_1 = T_1$; $a + t_2 = T_2$ und $\sigma = \frac{1}{\gamma}$; so schreibt sich Gleichung (16) auch:

$$m_2 r_2 = c T_2 \,\text{logn.} \frac{T_1}{T_2} \qquad (21)$$

und Gleichung (17):

$$A \frac{w^2}{2g} = c(T_1 - T_2) - c T_2 \,\text{logn.} \frac{T_1}{T_2} + A . \frac{p_1 - p_2}{\gamma} . \qquad (22)$$

Wollte man sich erlauben, in Gleichung (22) das letzte Glied noch zu vernachlässigen, was ich aber im Allgemeinen nicht für statthaft halte, so würde man erhalten:

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{c}{A}\left[T_1 - T_2 - T_2 \,\text{logn.} \frac{T_1}{T_2}\right]. \qquad (23)$$

Den Ausdruck rechts hat aber schon Rankine aufgestellt*); nur legt er ihm eine andere Bedeutung unter und behandelt das Problem nicht als Ausflußproblem. Rankine sagt nämlich, daß der Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung (23) die Arbeit darstelle, welche frei wird, wenn ein Kilogr. Wasser unter dem der Temperatur $T_1$ entsprechenden Druck plötzlich dem geringern, der Temperatur $T_2$ entsprechenden Druck ausgesetzt wird. Meine Untersuchungen zeigen jetzt, daß diese Formel eine weit allgemeinere Bedeutung hat, und daß die Rankine'sche Formel nur näherungsweise richtig ist; im Allgemeinen ist das Glied $A \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ der Gleichung (22) durchaus nicht so klein, daß es ohne Weiteres weggelassen werden dürfte, wie es von Rankine geschehen ist.

Nehme ich endlich noch an, daß der Ausfluß des heißen Wassers bei sehr geringer Druck- und Temperaturdifferenz erfolgt, so läßt sich, wie schon oben geschehen ist,

$$\text{logn.} \frac{T_1}{T_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

setzen und dann erhält man statt Gl. (22) ganz einfach:

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma},$$

d. h. die gewöhnliche Formel, die in jedem Handbuch der Hydraulik für den Ausfluß des Wassers aus Gefäßmündungen aufgestellt wird.

Zum Schluß halte ich es für nothwendig, wiederholt darauf hinzuweisen, daß eine Reihe von Zahlenwerthen der oben berechneten Tabellen Correctionen erleiden müssen, wenn Uebereinstimmung mit wirklichen Erfahrungen erzielt werden soll. Zunächst wird die effective Ausflußgeschwindigkeit wegen der Widerstände in der Mündung kleiner sein, als die berechnete, man wird also die letztere mit einem echten Bruche $\varphi$, dem Geschwindigkeitscoefficienten, multipliciren müssen; ferner muß, und das ist hier ausdrücklich hervorzuheben, auch der Mündungsquerschnitt F mit einem gewissen Factor, der mit $\alpha$ bezeichnet werden mag, multiplicirt werden, sodaß man dann das wahre Volumen der pro Secunde aus der Mündung strömenden Masse (bei äußerm Drucke gemessen)

$$V = \varphi \alpha F w$$

erhält, worin man noch für das Product $\varphi\alpha$ den Buchstaben $\mu$ benutzen und wobei man diesen Werth, wie das beim Ausfluß des kalten Wassers gebräuchlich ist, mit dem Namen „Ausflußcoefficient“ belegen kann. Dieser Werth $\mu$ wird es auch sein, der sich am leichtesten durch Versuche bestimmen lassen wird. Die beiden Coefficienten $\alpha$ und $\varphi$ (oder kurzweg ihr Product $\mu$) müssen nun aber beim Ausfluß von Gasen und Dämpfen etwas anders gedeutet werden, als dies für den Ausfluß von tropfbaren Flüssigkeiten (Ausfluß mit Contraction) in den Werken über Hydraulik geschieht.

Der bequemern Darstellung wegen habe ich nämlich bei obigen Entwickelungen durchgängig angenommen, der außerhalb der Mündung herrschende Druck $p_2$ erstrecke sich bis an die Ebene der Mündung, und w sei die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeit durch die Mündungsebene ströme. In Wirklichkeit ist das nun ohne Zweifel nicht der Fall, vielmehr muß man annehmen, daß die ausströmende Masse erst in einer gewissen Entfernung von der Mündung nach außenhin gerechnet in den äußern Druck $p_2$ übergegangen ist, und an dieser Stelle wird der Strahlquerschnitt (bei Dämpfen und Gasen) im Allgemeinen größer sein, als der Mündungsquerschnitt, vielleicht unter gewissen Verhältnissen, z. B. bei Mündungen in dünner Wand, auch kleiner. Das Verhältniß des Strahlquerschnittes

*) Philosophical Transactions for 1854. Philosophical Magazine for 1863.

an dieser Stelle zum Mündungsquerschnitt soll nun eben durch $\alpha$ dargestellt werden. Man könnte diesen Werth den Contractionscoefficienten nennen, wie das bei den Untersuchungen über den Ausfluß tropfbarer Flüssigkeiten gebräuchlich ist, obschon man es bei Gas- und Dampfstrahlen im Allgemeinen nicht mit einer Zusammenziehung, sondern mit einer Erweiterung des Strahles zu thun haben wird.

Ferner wird nun auch der Werth der Ausflußgeschwindigkeit w, der oben berechnet wurde, sich auf diesen Querschnitt und nicht auf die Mündung beziehen.

Wie weit der angezeigte Strahlquerschnitt unter verschiedenen Verhältnissen von der Mündung abliegt, wie groß er im Verhältniß zur Mündung ist, welcher Werth mit einem Worte für den Coefficienten $\alpha$ angenommen werden muß, läßt sich auf theoretischem Wege nicht ermitteln, hierzu bedarf es der Versuche. Nur soviel läßt sich als sicher annehmen, daß der Coefficient $\alpha$, also auch der Ausflußcoefficient $\mu$ nicht allein von der Form der Mündung, sondern auch vom Drucke im Ausflußgefäße und dem Drucke außerhalb desselben abhängt, vielleicht in viel höherm Grade als bei tropfbaren Flüssigkeiten, wie einige Rechnungsresultate schließen lassen, die neuerdings Bauschinger in seiner vortrefflichen Abhandlung: „Theorie des Ausströmens vollkommener Gase aus einem Gefäße und ihres Einströmens in ein solches" angiebt. (Schlömilch, Zeitschrift der Mathematik und Physik, 8. Jahrgang, 1863, Heft 2.)

Was ferner den Geschwindigkeitscoefficienten $\varphi$ betrifft, so ist wohl anzunehmen, daß derselbe bei Mündungen in dünner Wand und bei nach innen gut abgerundeten Mündungen von Eins nicht sehr verschieden sein wird. Zuletzt muß ich noch hervorheben, daß Bauschinger in einem später erschienenen Aufsatze: „Ueber das Ausströmen des Wasserdampfes" (a. a. O. Heft 6) für die Ausflußgeschwindigkeit der Dämpfe dieselbe Formel giebt, die ich schon vor ihm in meinem Buche: „Das Locomotivenblasrohr" aufgestellt und in vorliegender Abhandlung zu weitern Untersuchungen verwerthet habe.

Zürich, den 10. Januar 1864.

---

# Anhang zu den Versuchen mit Dampfkesseln.

Von

**Emil Burnat.**

(Schluß der Abhandlung aus Band IX des „Civilingenieur".)

## 1. Neue Versuche in Wesserling von Marozeau.

1. Diese Versuche wurden mit den im Bulletin de la Société Industrielle auf den Monat Mai 1860 beschriebenen und abgebildeten Dampfkesseln angestellt und hatten zum Zweck

1. die Ermittelung des Einflusses eines Aufsteigens des Rostes von vorn nach hinten,
2. die Prüfung einer andern Methode beim Aufschütten und Unterhalten des Feuers,
3. die Bestimmung der Heizkraft eines Gemenges von fetten und magern Kohlen ($^2/_3$ Kohle von Creuzot, $^1/_3$ von Ronchamp.)

2. Einfluß der Neigung des Rostes. — Wie in dem Früheren angegeben worden ist, lagen unsere Roste horizontal und in 52 Centimeter Abstand von dem mittleren Sieder. Es wurde nämlich mit langflammender Ronchamp'er Kohle gefeuert und man suchte durch die ungewöhnlich große Entfernung des Rostes die Abkühlung der Flamme durch die Berührung mit den Siederohren zu vermeiden. Es sollte dadurch eine vollkommenere Verbrennung, weniger Ruß und mehr Hitze erzielt werden und wir hofften, daß der Verlust, welcher unzweifelhaft durch die weniger gute Benutzung der strahlenden Wärme entstand, dadurch ausgeglichen werden würde, daß der große Vorwärmapparat die mit fortgenommene Hitze auffangen werde. Auch schienen die erzielten ansehnlichen Resultate bei der Verdampfung diese Voraussetzungen zu bestätigen. Es zeigte sich indessen, daß das Guilloteau'sche System*) der Kesselfeuerung, welches unter dem einen von unsern Kesseln versucht wurde, eine noch bessere Leistung gab, und da der mit der Abführung dieser Versuche beauftragte Werkmeister durch die aufmerksame Beobachtung des Feuers zu der Folgerung gelangt war, daß der Nutzen des neuen Systemes

*) Vergl. Civilingenieur, Band IX, S. 505.

hauptsächlich darin liege, daß das glühende Brennmaterial nach der Feuerbrücke zurückgeschoben werde und sich den Siedern in einer allmälig nach hinten ansteigenden schiefen Ebene nähere, so erschien es wünschenswerth, diesen Gegenstand näher zu untersuchen.

Dies konnte sehr leicht geschehen, denn man brauchte ja nur dem Roste ein Ansteigen nach hinten zu geben. Derselbe ist 1,28 Met. breit, 1,6 Met. lang und lag ursprünglich 52 Centimeter unter dem mittleren Siederohre, während der Abstand der Feuerbrücke von Letzterem 32 Centimeter betrug. Der Rost wurde nun vorn bei 52 Centimeter Abstand belassen, hinten aber dem mittleren Sieder bis auf 30 Centimeter genähert, und die Feuerbrücke erhielt 19 statt 32 Centimeter Abstand. Im Uebrigen wurden die Dimensionen des Rostes nicht abgeändert.

Nachstehende Tabelle zeigt die Resultate zweier Versuchsreihen mit guter, durchschnittlich 12% Rückstände gebender Steinkohle von Ronchamp.

| Versuchsreihe. | Datum 1861. | Rückstände von 100 Kil. verbr. Kohle. Kil. | Verbrannte Kohle pro Stunde in Kil. | Verdampftes Wasser pro Kil. Kohle. Liter. | Spannung der Dämpfe. Atm. |
|---|---|---|---|---|---|
| Horizontaler Rost | Nov. 20. | 13,2 | 100 | 8,20 | 1,5 |
| | „ 21. | 13,5 | „ | 8,12 | „ |
| | „ 22. | 12,2 | „ | 7,87 | „ |
| | „ 23. | 11,8 | „ | 8,12 | „ |
| Mittel | | 12,6 | 100 | 8,08 | 1,5 |
| Geneigter Rost | Dec. 4. | 12,1 | 100 | 8,58 | 1,5 |
| | „ 5. | 11,3 | „ | 8,50 | „ |
| | „ 5. | 10,9 | „ | 8,72 | „ |
| | „ 7. | 12,3 | „ | 8,93 | „ |
| Mittel | | 11,65 | 100 | 8,68 | 1,5 |

Hiernach gab also die erste Versuchsreihe mit horizontalem Roste eine Verdampfung von 8,08 Litern, die zweite mit ansteigendem Roste aber 8,68 Liter und es war hierdurch der Vorzug der letzteren Einrichtung klar nachgewiesen.*)

Die Mehrleistung war bedeutend genug, um diese Modification bei allen unsern Kesseln zur Anwendung zu bringen; sie gewährte uns aber noch einen andern, von den Heizern sofort wahrgenommenen Vortheil, nämlich denjenigen einer leichteren Bedienung des Feuers. Man schüttete die Steinkohle vorn auf den Rost auf, und wenn sie in Gluth gerathen war, d. h. wenn sie keine lange Flamme mehr gab, wurde sie nach hinten geschoben. Es war dann bezüglich der guten Verbrennung kein Grund mehr vorhanden, warum man sie nicht den Siedern nähern sollte, und die Kohle wirkte nun vorzugsweise durch ihre strahlende Wärme, woraus sich denn auch die erzielten Vorzüge erklären dürften.

*) Die Zahl der Beobachtungen kann zu beschränkt erscheinen und es ist daher hier hinzuzufügen, daß Herr Marozeau dieselben Beobachtungen mehrere Male mit gleichem Erfolge wiederholt hat. Weiter unten wird sich zeigen, daß es dem Berichterstatter bei später dieserhalb angestellten Versuchen nicht gelingen wollte, gleiche Ergebnisse zu erzielen. Da die Versuche auf beiden Seiten mit Sorgfalt durchgeführt, auch nicht genügende Gründe zur Erklärung dieser verschiedenen Ergebnisse vorhanden sind, so halten wir es zwar für nöthig, unsere Resultate jetzt schon mitzutheilen, werden aber diese Versuche wieder aufnehmen, sobald wir dazu Muße erhalten. B.

3. **Veränderte Methode beim Aufschütten und bei der Führung des Feuers.** — Als die Anwendung der magern Kohle von Creuzot versucht wurde, wurden wir auf eine Veränderung unserer Methode des Feuerns geführt. Der Heizer Dehlinger von dem Hause Dollfus-Mieg u. Comp. zeigte uns nämlich, wie diese Kohle präparirt und aufgegeben werden müsse. Dies muß in kleinen Stücken geschehen, sodaß der Rost immer ganz eben und gleichförmig glühend aussieht.

Diese Methode hat sich auch bei Ronchamp'er Kohle bewährt, und wird von uns immer mit Vortheil angewendet. Man stört die Kohle auf dem Roste nicht sehr und reinigt diesen nur einmal des Tages.

4. **Gemenge von magern und fetten Steinkohlen.** — Wenn man blos mit magerer Steinkohle von Creuzot feuert, so ist die Unterhaltung des Feuers eine schwierige, man kann das Feuer nicht leicht verstärken oder schwächen und die Leistung ist eine sehr mäßige und unregelmäßige.

Hierüber giebt nachstehende Tabelle, Versuchsreihe a, Näheres. Anders verhält sich die Sache, wenn man diese magere Kohle mit einer fetten Steinkohle mischt, wobei kein

bestimmtes Verhältniß zu beobachten ist. Dann fällt die Führung des Feuers leicht und die Leistung wächst ansehnlich. Bei meinen Versuchen wurden 2 Th. Creuzoter und 1 Th. Ronchamper Kohle gemengt.

| Versuchsreihe. | Datum 1862. | Rückstände in 100 Kil. Kohle. Kil. | Verbrannte Kohle pro Stunde. Kil. | Verdampftes Wasser pro Kilogr. Kohle. Liter. | Spannung der Dämpfe. Atm. |
|---|---|---|---|---|---|
| a. Magere Kohle von Creuzot auf geneigtem Roste. | Mai 20. | 14,9 | 69 | 7,41 | 1,5 |
| | „ 21. | 17,3 | 81 | 8,08 | „ |
| | Aug. 23. | 14,1 | 100 | 8,38 | „ |
| Mittel | | 15,4 | 83 | 7,96 | 1,5 |
| b. Mittlere Kohle von Ronchamp auf geneigtem Roste. | Dec. 9. | 14 | 100 | 8,69 | 1,5 |
| | „ 10. | 14 | 96 | 8,44 | „ |
| | „ 12. | 13,7 | 100 | 8,28 | „ |
| | „ 13. | 15 | 93 | 8,34 | „ |
| Mittel | | 14,2 | 97 | 8,44 | 1,5 |
| c. Gemenge von $^2/_3$ Kohle von Creuzot u. $^1/_3$ Kohle von Ronchamp auf geneigtem Roste. | Dec. 2. | 11,2 | 94 | 9,15 | 1,5 |
| | „ 3. | 10 | 96 | 9,12 | „ |
| | „ 4. | 10 | 94 | 8,77 | „ |
| | „ 5. | 10,9 | 94 | 8,76 | „ |
| | „ 6. | 11 | 97 | 9,05 | „ |
| Mittel | | 10,6 | 95 | 8,97 | 1,5 |

Nach dieser Tabelle sind bei der Kohle von Creuzot 15,4 % Rückstände geblieben und 7,96 Liter Wasser verdampft worden, bei der Kohle von Ronchamp 14,2 % Rückstände und 8,44 Liter verdampftes Wasser, endlich bei dem Gemenge aus beiden Kohlensorten 10,6 % Rückstände und 8,97 Liter verdampftes Wasser. Es dürften sich daher durch geeignete Mengung von verschiedenen Kohlensorten, welche für sich allein verbrannt nur geringe Leistungen geben, oft weit höhere Leistungen erzielen lassen.*)

5. Es fragte sich nun, welchen Einfluß die mit dem Roste, dem Brennmaterial und der Art der Führung des Feuers vorgenommenen Veränderungen auf den Verbrauch von Luft, auf die Temperatur der abziehenden Gase und auf die Wirksamkeit der Vorwärmer haben würden, und dieserhalb wurden die in umstehender Tabelle aufgeführten Versuche angestellt, zu denen noch die bereits veröffentlichten Resultate der Versuche vom J. 1857 hinzugefügt sind.

Diese Versuche wurden an einem und demselben Kessel angestellt. Die Versuchsreihe a, welche sich auf die im J. 1857 angestellten Versuche mit Kohle von Ronchamp bezieht, kann zum Vergleich dienen. Bei der zweiten Reihe b ist eine Kohle von gleicher Beschaffenheit verwendet worden und die dritte Reihe c bezieht sich auf die Versuche mit einem Gemenge von $^1/_3$ Ronchamper und $^2/_3$ Creuzoter Kohle.

Aus den Mittelwerthen dieser Versuche folgt

1. daß die Verdampfung pro Kilogramm Kohle bei Ronchamper Kohle von 7,98 bis 8,44 Liter, bei dem Gemenge aber von 7,98 bis 8,97 Liter betrug,

2. daß die Wirkung der Vorwärmer dagegen von 16,2 auf 10 und selbst 8,8 Procent der Totalwirkung gefallen, und

*) Für das Gemenge würde sich eine um 10 Procent niedrigere Leistung berechnen, als Herr Marozeau gefunden hat. Ich habe diese Versuche wiederholt, wobei ich mich der Kleinkohle von Ronchamp bediente, und umstehende Tabelle giebt die Resultate dieser Versuche.

Man sieht hieraus, daß die Kleinkohle von Ronchamp (St. Charlesschacht und St. Josephschacht) im Mittel 6,78, die Kohle von Creuzot 8,01 Liter, und das Gemenge in dem von Herrn Marozeau benutzten Verhältnisse 8,03 Liter oder 5,6 % mehr Wasser pro Kilogramm verdampft hat, als wenn die Leistungen dieselben geblieben wären, wie bei der Verwendung der reinen Kohlen. Diese Resultate entkräften die Marozeau'schen Angaben nicht, denn sie sind mit schlackenreicherer Kleinkohle von Ronchamp und geringerer Kohle von Creuzot erzielt worden. Ein Gemenge von gleichen Theilen dieser Kohlensorten gab kein gutes Resultat, indem das Feuer schwieriger ging und der Rost fast so oft gereinigt werden mußte, wie bei bloßer Ronchamper Kohle. Die gesiebte Kleinkohle vom St. Charlesschachte giebt weniger Rückstände, als die ordinäre Kleinkohle dieses Schachtes. — Die Versuche wurden mit dem Siederohrkessel der Concurrenz von 1859 abgeführt, an welchen der benachbarte Kessel an Stelle eines Vorwärmers angeschlossen war. —

Das von Hr. M. vorgeschlagene Gemenge erleichtert den Heizern ihr Geschäft sehr, während sie sonst mit beiden Kohlengattungen allein sehr ungern feuern. Ich habe bei alleiniger Verwendung der magern Kohle von Creuzot ebenfalls sehr große Verschiedenheiten in der Leistung gefunden. B.

| Versuchsreihe. — Kohlensorte. — Art des Rostes und des Aufschüttens. — Datum. | Rückstände der Verbrennung. Proc. | Kohlenverbrauch pro Stunde. Kil. | Verdampftes Wasser pro 1 Kil. Kohle. Lit. | Temperatur des Wassers, | | Wirkung des Vorwärmer | | Temperatur der abziehenden Gase. Grade. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | kalt. | vorgewärmt. | in Graden. | in Procenten. | |
| a. Kohle von Ronchamp. Horizontaler Rost, auf welchem vorn aufgegeben wird. 12. und 13. Februar 1857. | 13,25 | 100 | 8,15 | 3 | 107 | 104 | $\frac{104}{640} =$ | 186 |
| | 14,81 | 84 | 7,81 | 3 | 107 | 104 | | 180 |
| | 14,03 | 92 | 7,98 | 3 | 107 | 104 | 16,2 | 183 |
| b. Dieselbe Kohle. Geneigter Rost. Die Kohle wird eingeworfen. 9., 10., 12. und 13. Decemb. 1862. | 14 | 100 | 8,69 | 6 | 73 | 67 | | 95 |
| | 14 | 96 | 8,44 | 6 | 73 | 67 | $\frac{63}{640} =$ | 94 |
| | 13,7 | 100 | 8,28 | 6 | 62 | 56 | | 90 |
| | 15 | 93 | 8,34 | 5 | 68 | 63 | | 81 |
| | 14,2 | 97 | 8,44 | 6 | 69 | 63 | 10 | 90 |
| c. Gemenge von 2/3 Kohle von Creuzot und 1/3 von Ronchamp. Geneigter Rost. Die Kohle wird eingeworfen. Zeit vom 2. bis 6. Dec. 1862. | 11,2 | 94 | 9,15 | 6 | 64 | 58 | | 89 |
| | 10 | 96 | 9,12 | 6 | 63 | 57 | | 86 |
| | 10 | 94 | 8,77 | 6 | 61 | 55 | $\frac{56,5}{640} =$ | 83 |
| | 10,9 | 94 | 8,76 | 7 | 61 | 54 | | 83 |
| | 11 | 97 | 9,05 | 7 | 65 | 58 | | 88 |
| | 10,6 | 95 | 8,97 | 6,4 | 63 | 56,5 | 8,8 | 86 |

3. daß die Temperatur des Rauches beim Register von 183 Graden auf 90 und selbst 86° herabgezogen worden ist.

4. daß der Luftverbrauch sich nicht wesentlich verändert hat, sondern bei ungefähr 15 Cubikmetern pro Kilogramm Steinkohle geblieben ist.

Die Erklärung dieser Erscheinung scheint nicht schwierig zu sein; sie ergiebt sich durch die Erhebung des Rostes nach hinten und den stärkeren Einfluß der strahlenden Wärme. Daß durch das Näherrücken der glühenden Kohlenschicht an die Sieder letzterer Einfluß erhöht werden muß, ist selbstverständlich; wenn also das Aufsteigen des Rostes die Verbrennung sonst nicht stört und die vom Brennmaterial entwickelte Wärme dieselbe bleibt, so muß die vom Rauche entführte Wärmemenge geringer werden, weil mehr strahlende Hitze abgegeben wird. Dies ist denn auch der Fall und diese Verminderung der Temperatur des Rauches bedingt eine bessere Leitung, denn bei gleichen Luftquantitäten stehen die Verluste durch den Schornstein in gleichem Verhältniß zu der Temperatur des Rauches am Register.

| Steinkohlensorten. — Heizer. — Datum. | Dauer des Versuches in Stunden. | Mittlere Temperatur des Wassers beim Eintritt in Graden | | Mittlere Temperatur des Rauches beim Austritt in Graden | | Spannung der Dämpfe. Atm. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | in den Kessel. | in den Vorwärmer. | vom Kessel. | vom Vorwärmer. | |
| Klare Kohle vom St. Josephschachte in Ronchamp. — Wilhelm. — 24. bis 28. März 1863. | 59 | 96,1 | 41,4 | 430 | 245 | 4,25 |
| Reine Kohle von Creuzot. — Dehlinger. — 31. März bis 4. April. | 46 | 98,8 | 42,7 | 409 | 245 | 4,25 |
| Abgesiebte Kleinkohle vom St. Charlesschachte. — Büsch. — 8. bis 11. April. | 47 | 90,5 | 44,9 | 395 | 211 | 4,21 |
| 1/3 Kleinkohle von Ronchamp, 2/3 Kleinkohle von Creuzot. — Dehlinger. — 14. bis 18. April. | 58 | 94,3 | 43,5 | 453 | 257 | 4,23 |
| Abgesiebte Kleinkohle vom St. Charlesschachte. — Büsch. — 21. bis 25. April. | 59 | 93,0 | 44,1 | 447 | 243 | 4,24 |
| 1/3 Kleinkohle vom St. Charlesschachte in Ronchamp, 2/3 Kleinkohle von Creuzot. — Dehlinger. — 28. April bis 2. Mai. | 58 | 97,5 | 41,6 | 466 | 251 | 4,28 |

Wenn Letztere nun im J. 1857 183 Grad betrug und bei den Versuchen im J. 1862 bis auf 90 und 86 Grad erniedrigt worden ist, so müssen die Verluste durch den Schornstein auch auf weniger als die Hälfte von jenen herabgezogen worden sein. Obgleich also die Wirkung der Vorwärmer nunmehr geringer ausfällt, so muß doch eine bessere Leistung resultiren. Uebrigens beträgt die Wirkung der Vorwärmer immer noch 10 Procent von der totalen Leistung des Kessels, sie darf also durchaus nicht übersehen werden, nur könnten die Dimensionen des Vorwärmers vielleicht ohne Nachtheil kleiner gehalten werden, was seine Construction erleichtern und den Kostenaufwand verringern würde.

6. **Bestimmung der Luftmenge aus der Temperatur des Rauches. Wärmeverlust durch den Rauch.** — Man kann mit Péclet annehmen,

1. daß das Volumen des Rauches ungefähr demjenigen der dem Roste zugeführten Luft (reducirt auf gleiche Spannung und Temperatur) gleich sei,

2. daß auch die Wärmecapacitäten der Luft und des Rauches sehr wenig von einander differiren, also die specifische Wärme des Rauches gleich 0,25 gesetzt werden könne, wenn diejenige des Wassers gleich 1 ist,

3. daß das Gewicht eines Luftvolumens V von 0° und 0,76 Met. Quecksilbersäule Spannung gegeben sei durch $P = 1{,}3\ V$,

4. daß die Zusammensetzung der Verbrennungsgase (0,50 atmosphärische Luft, 0,40 Stickstoff und 0,10 Kohlensäure) die Anwendung derselben Formel gestatte, da ihre Dichtigkeit wenig von derjenigen der Luft verschieden ist.

Wenn nun

p diejenige Wassermenge, welche pro Kilogramm Steinkohle durch den Vorwärmer geht,

$\vartheta$ die Zahl Grade, um welche die Temperatur dieses Wassers beim Durchgange erhöht wird,

T die Temperatur des Rauches vor dem Vorwärmer,

t „ „ „ „ hinter „ „

bedeutet, so drückt $p\vartheta$ die vom Vorwärmer absorbirte Wärme aus und man erhält andrerseits die vom Rauche abgegebene Wärme durch Multiplication des Gewichtes $1{,}3\ V$ desselben mit der Abkühlung $(T-t)$ und der specifischen Wärme 0,25. Beide Wärmemengen müssen sich gleich sein, also hat man

$$p\vartheta = 1{,}3 \, . \, 0{,}25\,(T-t)\,V = 0{,}325\,(T-t)\,V \quad \text{oder}$$

$$V = \frac{p\vartheta}{0{,}325\,(T-t)}\,.$$

Diese Formel kann man benutzen, um in Ermangelung eines Anemometers das Volumen der zugeführten Luft zu berechnen, indem man nämlich die Temperaturen T, t und $\vartheta$, sowie die Leistung (oder Verdampfung) des Kessels beobachtet. Die Anwendung dieser Formel hat mir mehrfach befriedigende Resultate gegeben.

Es läßt sich ferner aus unsern Formeln die durch den Schornstein verloren gehende Wärmemenge ableiten. Denn wenn t die Temperatur des Rauches beim Register ausdrückt, so enthält dieser Rauch die Wärmemenge $0{,}325\ Vt$, welche die Wassermenge

$$q = \frac{0{,}325\ Vt}{640}$$

zu verdampfen fähig ist.

| | Verbrauchte Kohle in Kilogrammen | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pro Stunde und Quadr.-Met. Heizfläche | | pro Stunde und Quadr.-Decimeter | | Zahl der Aufschüttungen. | Gewicht des jedesmal aufgegebenen Kohlenquantums. | Rückstände der Verbrennung. | Zahl der Reinigungen des Rostes. | Verdampfte Wassermenge pro Kil. Kohle reducirt auf 4° C. |
| in Stunden. | incl. Vorwärmer. | ohne Vorwärmer. | Rostfläche. | oberer Essenquerschnitt. | | Kil. | Proc. | | Lit. |
| 1489 | 2,25 | 4,55 | 0,93 | 1,71 | 222 | 6,59 | 20,1 | 4 | 6,82 |
| 1220 | 1,84 | 3,72 | 0,76 | 1,40 | 281 | 4,15 | 11,3 | 1 Tag 4<br>1 „ 3<br>2 „ 2 | 8,01 |
| 1389 | 2,10 | 4,24 | 0,87 | 1,59 | 224 | 6,06 | 22,6 | 4 | 6,79 |
| 1148 | 1,73 | 3,50 | 0,72 | 1,32 | 249 | 4,47 | 13,4 | 3 Tag. 4<br>1 „ 3<br>1 „ 2 | 8,06 |
| 1421 | 2,15 | 4,34 | 0,89 | 1,63 | 203 | 6,87 | 22,1 | 4 | 6,73 |
| 1142 | 1,72 | 3,48 | 0,72 | 1,31 | 236 | 4,67 | 15,1 | 4 | 7,99 |

Wenden wir diese Formeln auf die in der letzten Tabelle enthaltenen drei Versuchsreihen an, so findet sich:

$$(a)\quad \frac{0{,}325\ Vt}{640} = \frac{0{,}325 \,.\, 15 \,.\, 183}{640} = 1{,}400\ \text{Kil.}$$

$$(b)\quad \ldots\ldots \quad \frac{0{,}325 \,.\, 15 \,.\, 90}{640} = 0{,}685\ \text{„}$$

$$(c)\quad \ldots\ldots \quad \frac{0{,}325 \,.\, 15 \,.\, 86}{640} = 0{,}655\ \text{„}$$

Diese Wasserquantitäten hätten also noch pro Kilogramm Brennmaterial durch die im Schornstein verlorengehende Wärme verdampft werden können.

Beschränken wir uns blos auf die beiden ersten Reihen, wo Steinkohle von Ronchamp von annähernd gleicher Qualität verbraunt werden ist, so können wir folgende Aufstellung machen:

| | Wassermenge | | |
|---|---|---|---|
| | welche durch die Kessel, Sieder und Vorwärmer verdampft wird. | welche der mit dem abziehenden Rauche verloren gehenden Wärme entspricht. | welche überhaupt vom Brennmaterial verdampft werden könnte. |
| a. | p = 7,980 Kil. | q = 1,400 Kil. | p + q = 9,380 Kil. |
| b. | 8,440 „ | 0,685 „ | 9,125 „ |

Die kleine Differenz, welche zwischen den Summen $p + q$ der beiden Versuchsreihen existirt, erklärt sich wohl durch die etwas bessere Qualität der bei der Versuchsreihe a angewendeten Kohle. Man darf also annehmen, daß in beiden Fällen die Verbrennung gleiche Wärmemengen erzeugt hat, und daß die beobachteten Unterschiede in der Leistung nur in der Verschiedenheit der Temperatur der abziehenden Gase begründet sind.

7. Folgerungen. — Wir können nach Vorstehendem folgern,

daß ein Gemenge von fetten und magern Kohlen günstigere Resultate liefert, als die Feuerung mit diesen Kohlensorten für sich,

daß es vortheilhaft ist, die strahlende Wärme so gut wie möglich aufzufangen, um die Verluste durch den Schornstein zu vermindern.

Die Wirkung der strahlenden Wärme wird eine um so größere sein,

je beträchtlicher die Rostfläche ist,

je gleichförmiger die Gluth über den Rost verbreitet ist, je regelmäßiger und in je kleinern Portionen er also beschickt wird,

je näher die glühende Kohlenmasse an den Kesseln liegt (wobei indessen vorausgesetzt wird, daß die Flamme nicht an den Kessel reichen und sich dort abkühlen kann).

In letzterer Beziehung ist es nicht leicht, eine bestimmte Vorschrift zu ertheilen, weil dies von der Natur der Kohlen abhängt, welche eine mehr oder weniger lange Flamme geben, je nachdem sie fett oder mager sind, und weil hierauf auch die Art des Aufgebens von Einfluß ist, indem bei schwachen Portionen eine kürzere Flamme entsteht.

Die geneigten Roste zeigen sich in dieser Beziehung vortheilhafter, mögen sie mit Kohle von Ronchamp, oder mit dem Gemenge aus 1/3 Ronchamper und 2/3 Creuzoter Kohle beschickt werden.

Endlich scheint mir aus den Versuchen gefolgert werden zu dürfen, daß bei derartig eingerichteten und geführten Feuerungen die Fläche der Vorwärmapparate unbedenklich wesentlich geringer angenommen werden kann.

## 2. Versuche über den zweckmäßigsten Abstand des Rostes von den Siedern.

8. Uebliche Verhältnisse. Aeltere Versuche. — Im Elsaß legt man gemeiniglich den Rost 35 bis 40 Centimeter unter die Sieder und ist der Ansicht, daß es schädlich sei, einen größeren Abstand zu geben. Diejenigen Maschinenbauer, welche von mir nach den Gründen dieses Gebrauches gefragt worden sind, konnten sich nicht auf eine bestimmte Reihe von genauen Beobachtungen beziehen, sondern beriefen sich mehr nur auf verschiedene zerstreute Beobachtungen, bei denen durch verschiedene Umstände Abweichungen herbeigeführt worden sein können, so daß sie sichere Folgerungen zu ziehen nicht gestatten.

Bei den im J. 1859 probirten Dampfkesseln waren folgende Abstände zu beobachten:

| Bezeichnung der Kessel. | Abstand des Rostes von den Siedern. Met. | Heizfläche des Kessels. Quadr.-Met. | Heizfläche des Vorwärmapparates. Quadr.-Met. | Verbrauch von Ronchamper Steinkohle in 12 Stunden. Kil. |
|---|---|---|---|---|
| Siederohrkessel der Concurrenz vom J. 1859 | 0,40 | 27,25 | nicht vorhanden | 1200—1300 |
| Kessel in Wesserling | 0,55 | 35,00 | 44,6 | 1200 |
| Kessel bei Schlumberger Söhne u. Comp. | 0,40 — 0,45 (äußere und innere Sieder) | 44,70 | 32,0 | 1600 |
| Kessel von Hr. F. Fluhr | 0,335 | 18,84 | 20,9 | 1100. |

Bei andern im damaligen Berichte abgebildeten Dampfkesseln giebt Herr Fluhr 0,30 bis 0,35 Met. Abstand.

Als ich im Jahre 1860 die vier Kessel mit Vorwärmern anlegte, welche der Gegenstand der im vorigen Aufsatze dargelegten Versuche sind, nahm ich in Ermangelung zuverlässiger Beobachtungen 0,45 Met. Abstand an, weil mir die von Herrn Marozeau angewendete tiefe Lage des Rostes allzusehr von den Maaßen abzuweichen schien, welche die Praxis sanctionirt hat.

Es geht aus Vorstehendem hervor, daß der fragliche Abstand noch keineswegs hinreichend festgestellt ist, und man fühlt daher bei Projectirung einer neuen Dampfkesselanlage hierin eine unangenehme Unsicherheit, während es doch vollkommen klar ist, daß die Verschiedenheiten *), welche verschiedene Constructeurs hierin befolgen, einen bedeutenden Einfluß auf die Verdampfungsfähigkeit der Kessel haben müssen.

Sieht man sich in denjenigen speciellen Werken um, in denen man über diesen Punkt einigen Aufschluß zu finden erwarten dürfte, so erklärt sich die in der Praxis zu findende Verschiedenheit der Ansichten daraus, daß es an schlagenden Versuchen fehlt.

Grouvelle**) empfiehlt bei Maschinen von 16 Pferdekräften und mehr den Rost 32 bis 35 Centimeter unter den Kessel zu legen; bei stärkeren Kesseln soll man nicht mehr als 0,4 Met. (Abstand?) lassen. „Dies ist das von mir und auch von Herrn Farcot bei seinen größten Kesseln angewendete Verhältniß.“

Péclet giebt genau dieselben Zahlen.***)

*) Herr Grubeninspector Vitour, an welchen ich mich gewendet hatte, um die am Oberrhein üblichen Verhältnisse kennen zu lernen, schreibt mir Folgendes:

„Man kann behaupten, daß selbst bei Kesseln von gleicher Construction und Größe die verschiedenartigsten Dimensionen angewendet worden sind und noch werden. Man entbehrt aller Versuche, auf die man sich in dieser Beziehung stützen könnte. Die gegebenen Abstände hängen ab von der Meinung des Fabrikanten, welcher den Kessel liefert oder den Riß dazu macht, oder von dem Ingenieur oder Techniker, welcher die Aufstellung leitet, mitunter sogar von der Ansicht des Maurers, welcher den Ofen aufführt und meistens ohne Riß, blos nach Gutdünken arbeitet.

Um eine Idee von der Verschiedenheit der gebräuchlichen Maaße zu geben, lasse ich hier einige Angaben folgen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kessel von | 15 | Qu.-Met. Heizfläche, | Abstand | 20 35 40 | | Centim. |
| „ „ | 15—25 | „ | „ | 30 35 40 | | „ |
| „ „ | 25—35 | „ | „ | 35 38 40 45 | | „ |
| „ „ | 35—45 | „ | „ | 40 50 | | „ |
| „ über | 45 | „ | „ | 40 55 | | „ |

Bis jetzt hat man noch keinen Unterschied in dem zu gebenden Abstande des Rostes von den Siedern gemacht, mag ein Kessel mit Vorwärmern versehen sein, oder nicht.“

**) Guide du chauffeur (1858), vol. I, p. 99.

***) Traité de la chaleur, 3. édit. (1859), vol. I, p. 294. No. 655.

Graham*) hat einige Beobachtungen an einem 12,8 Met. langen, 1,83 Met. weiten Cylinderkessel ohne Sieder und Vorwärmer mit 2,11 Met. langem und 1,55 Met. breitem Roste angestellt, welche

bei einem Abstande des Rostes von

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,3 | 0,51 | 0,65 | Met. vom Kessel |
| eine Verdampfung von | 6,14 | 6,46 | 5,11 | Liter |

nachgewiesen haben. Da aber weder die Art, noch die Quantität der verbrannten Kohle angegeben ist und auch sonstige Angaben, wie z. B. über den Luftverbrauch, gänzlich fehlen, so läßt sich auch aus diesen Versuchen kein recht sicherer Schluß ziehen.

Ebensowenig habe ich neue Angaben über diesen Gegenstand in Armengaud's Dampfmaschinenlehre**) gefunden, obschon dieses Werk eine der neuesten und vollständigsten Monographieen über Dampfmaschinen ist. Einer der in diesem Buche specieller angegebenen Dampfkessel mit Siedern ohne Vorwärmer hat 25 Quadratmeter Heizfläche und einen 1,2 Met. langen, 0,7 Met. breiten Rost, welcher 0,5 Met. unter den Siedern liegt.

Es wird hierdurch genügend dargethan sein, daß es keineswegs überflüssig war, durch besondere Versuche einen Gegenstand aufzuhellen, welcher jedenfalls von wesentlichem Einfluß auf die Leistung eines Kessels ist.

9. Schwierigkeiten derartiger Versuche. — Je weiter man den Rost vom Kessel abrückt, um so mehr vermindert man die Wirkung der strahlenden Wärme, weil dieselbe ohne Zweifel im Quadrat des Abstandes abnimmt (Péclet, a. a. O. S. 295), läßt aber dafür eine größere Menge Wärme in die Verbrennungsproducte übergehen. Könnte man nun Letztere ganz wiedergewinnen und nutzbar machen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß der Effect eines Kessels sehr wenig von dem Abstande des Rostes abhängig sein würde; dies ist aber unmöglich, da es bei Dampfkesseln um so bedeutendere Verluste durch Abkühlung giebt, je länger die Züge und je größer die Flächen des Kesselofens sind.

Es läßt sich also von vornherein vorhersehen, daß die verschiedenen Kesselconstructionen große Verschiedenheiten zeigen werden, je nachdem die in den Verbrennungsproducten enthaltene Wärme diesen entzogen wird; Kessel mit geringer Heizfläche werden andere Resultate geben, als solche mit größerer Heizfläche und darunter angebrachten Vorwärmern; manche Kessel können auch bei sonst gleichen Umständen zur Aufnahme der strahlenden Wärme besser befähigt sein, als andere. Man kann also aus den Versuchen nur Schlüsse

*) On the consumption of coal in furnaces. Abhandlungen der Gesellschaft in Manchester, vol. XV, 1857—58. Auch im Separatabdruck vorhanden.

**) Traité des moteurs (Paris 1861), pl. 1.

| Abstand des Rostes von dem Sieder im Mittel. Met. | Datum 1863. | Dauer des Versuches in Stunden. | Mittlere Wassertemperatur beim Eintritt in den Kessel. | Mittlere Wassertemperatur beim Eintritt in den Vorwärmer. | Mittlere Rauchtemperatur beim Abgang von dem Kessel. | Mittlere Rauchtemperatur beim Austritt vom Vorwärmer. | Mittlere Spannung des Dampfes. Atm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,30 | 19. bis 23. Mai | 57 1/4 | 90°,8<br>71 bis 120° | 30°,6<br>27 bis 38° | 387°<br>310 bis 463° | 238°<br>177 bis 273° | 5,31 |
| 0,35 | 26. „ 30. „ | 57 3/4 | 91°,8<br>72 bis 122° | 28°,8<br>25 bis 33° | 381°<br>324 bis 445° | 222°<br>191 bis 251° | 5,24 |
| 0,40 | 2. „ 6. Juni | 57 4/4 | 89°,4<br>72 bis 118° | 30°,4<br>27 bis 33° | 379°<br>325 bis 446° | 219°<br>192 bis 252° | 5,20 |
| 0,45 | 16. „ 20. „ | 57 1/4 | 97°,6<br>80 bis 135° | 32°,7<br>25 bis 35° | 392°<br>337 bis 446° | 221°<br>192 bis 256° | 5,24 |
| 0,50 | 23. „ 27. „ | 57 3/4 | 100°,6<br>82 bis 129° | 35°,1<br>31 bis 38° | 401°<br>349 bis 512° | 228°<br>170 bis 275° | 5,21 |
| 0,55 | 30. Juni bis 4. Juli | 57 1/4 | 99°,6<br>76 bis 127° | 34°,5<br>30 bis 37° | 405°<br>341 bis 490° | 218°<br>194 bis 253° | 5,21 |
| 0,60 | 7. bis 11. Juli | 57 3/4 | 100°,8<br>88 bis 126° | 35°,6<br>33 bis 42° | 412°<br>314 bis 479° | 219°<br>195 bis 252° | 5,20 |
| 0,65 | 14. „ 18. „ | 57 1/4 | 103°,7<br>87 bis 130° | 33°,9<br>32 bis 37° | 432°<br>176 bis 496° | 224°<br>267 bis 272° | 5,17 |

für das betreffende Dampfkesselsystem ziehen und muß außerdem darauf Rücksicht nehmen, daß bei einem und demselben Kessel verschiedene Kohlensorten auch verschiedene Resultate geben werden.

Ein zu enger Feuerraum wird eine mangelhafte Verbrennung bewirken, die Flamme wird durch die Berührung mit den Wänden des Kessels, welche eine relativ niedrige Temperatur besitzen, erstickt werden. Fette Kohlen, welche mit langer Flamme verbrennen und reich an Wasserstoffgas sind, werden einen tiefer liegenden Rost nöthig machen, als trockene, anthracitische Kohlen. Auch die Menge der zu verbrennenden Kohle wird von merklichem Einflusse sein.

10. **Angaben über die mit dem Kessel Nr. 1 mit Vorwärmern vorgenommenen Versuche.** — Da es uns nicht möglich war, diesen Gegenstand allseitig genügend zu erforschen, so haben wir beschlossen, uns auf den besondern Fall eines Dampfkessels mit großem Vorwärmer, welcher mit Kohle von Ronchamp geheizt wird, zu beschränken. Es zeigte sich sogleich bei einigen angestellten Vorversuchen, daß die durch die Lage des Rostes bewirkten Verschiedenheiten in der Leistung des Kessels von der Art waren, daß darüber ganz accurate Versuche nothwendig wurden. Es wurde daher der Heizer und der Maschinenwärter fortwährend von einem Oberheizer und einem Ingenieur, welcher die Beobachtungen notirte und die Rechnungen ausführte, überwacht. Vorstehende Tabelle giebt die Resultate der Beobachtungen.

Der Rost lag erst eine Woche lang bei 0,3 Met. unter den Siedern, und wurde dann bis zu 0,65 Met. Abstand davon hinabgerückt, wobei bei jeder Abänderung jedesmal 5 Centimeter mehr Abstand gegeben und eine ganze Woche hindurch Probe gefeuert wurde.

Die Versuche umfassen 40 Tage von 10 bis 12 Stunden Arbeitszeit. Man verbrannte täglich 1200 Kil. Steinkohle von Ronchamp und gab so regelmäßig als möglich auf. Der Kessel ist der auf S. 474 des vorigen Jahrg. dieser Zeitsch. beschriebene Kessel Nr. 1 mit Vorwärmern; der Nachbarkessel Nr. 2, dessen Leistung nicht beobachtet wurde, lieferte gleichzeitig mit Dampf für die Maschine und mußte nach Umständen mehr oder weniger stark mit der Feuerung angegriffen werden, da er die fehlenden Dämpfe beschaffen mußte. Die Feuerung unter dem Kessel Nr. 1 hatte aber einen ganz regelmäßigen Gang. Gewicht der aufgegebenen Kohlenmengen, Volumen der pro Kilogramm verbrannter Kohle zugeführten Luft, Druck im Kessel, Art der Kohlen, kurz Alles, was sonst Einfluß auf den Gang eines Kessels haben kann, blieb während der Versuche vollständig constant.

Was die in der Tabelle enthaltenen Angaben über den Verbrauch an Kohle pro Stunde und Quadratdecimeter Querschnitt des Schornsteins anlangt, so ist sie nach dem Brennmaterialverbrauch der beiden allein in diesen Schornstein gehenden Kessel berechnet.

Als Kohle wurde nur unsortirte Kohle von Ronchamp von einer Lieferung gebraucht, auch bediente derselbe Heizer den Ofen, welcher täglich 2mal gereinigt wurde.

| Kohlenverbrauch in Kilogrammen | | | | | Zahl der Aufschüttungen. | Gewicht der jedesmal aufgegebenen Kohlenmenge. Kil. | Rückstände von 100 Steinkohle. | Wassermenge reducirt auf 4° C. in Litern. | | | | Luftmenge in Cubikmet. pro Kil. Kohle bei 0° u. 0,76 Met. Barom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pro 2 Stunden. | pro Stunde | | | | | | | pro Kil. Steinkohle red. auf 10% Rückstände. | Proportionalzahl. | pro Stunde u. Qu.-Met. Heizfläche | | |
| | und Qu.-Decimeter Roststäche. | und Quadratmeter Heizfläche | | und Qu.-Decimeter oberer Schornsteinquerschnitt. | | | | | | excl. Vorwärmer. | incl. Vorwärmer. | |
| | | excl. Vorwärmer. | incl. Vorwärmer. | | | | | | | | | |
| 1261 | 0,49 | 3,56 | 1,41 | 1,38 | 176 | 6,79 | 13,9 | 7,93 | 100 | 28,15 | 11,18 | 10,05 |
| 1248 | 0,49 | 3,52 | 1,39 | 1,24 | 189 | 6,33 | 15,0 | 8,06 | 101,6 | 27,91 | 10,96 | 10,43 |
| 1261 | 0,49 | 3,56 | 1,41 | 1,18 | 196 | 6,11 | 16,1 | 8,04 | 101,4 | 27,83 | 11,08 | 10,67 |
| 1261 | 0,49 | 3,56 | 1,41 | 1,19 | 171 | 7,03 | 15,2 | 8,10 | 102,1 | 28,47 | 11,33 | 12,22 |
| 1248 | 0,49 | 3,52 | 1,39 | 1,13 | 170 | 7,09 | 16,1 | 8,15 | 102,8 | 28,21 | 11,23 | 11,37 |
| 1262 | 0,49 | 3,56 | 1,41 | 1,14 | 172 | 6,78 | 15,3 | 8,25 | 104,0 | 28,02 | 11,55 | 10,02 |
| 1248 | 0,49 | 3,52 | 1,39 | 1,16 | 168 | 7,17 | 13,8 | 8,12 | 102,4 | 28,88 | 11,47 | 11,07 |
| 1262 | 0,49 | 3,56 | 1,41 | 1,23 | 169 | 7,08 | 13,6 | 7,99 | 100,7 | 28,66 | 11,40 | 11,56 |

Die Temperaturen der Gase wurden durch das calorimetrische Verfahren bestimmt.

Die Leistung ist bis zu dem Abstande von 0,55 Meter ganz regelmäßig gewachsen und nahm dann ebenso regelmäßig wieder ab bis zu 0,65 Met. Abstand, über welche Entfernung ich nicht hinaus gegangen bin. Zwischen den Leistungen bei 0,30 und 0,55 Met. Abstand des Rostes findet ein Zuwachs um 4% statt.

Dieses Resultat dürfte man wohl, da die Versuche mit großer Genauigkeit durchgeführt wurden, als hinreichend zuverlässig und frei von Beobachtungsfehlern ansehen.

Es ist auffallend, daß der Abstand von 55 Centimetern gerade derjenige ist, den Herr Marozeau angenommen hat, und es ist dies ein neuer Beweis für die außerordentlich zweckmäßige Anlage der Dampfkessel in Wesserling.

Jede Woche wurden einen Tag lang Beobachtungen über den Zustand des Rauches angestellt, welche indessen kein Resultat ergeben haben, obwohl die Ebene der beiden Roste gleichzeitig gleichviel niedergerückt wurde. Allerdings ist auch die Methode dieser Beobachtungen keine sehr zuverlässige. Auch aus den Notizen über die Temperatur der abziehenden Gase läßt sich, vielleicht aus gleichem Grunde, nicht viel schließen; die Temperatur der Gase beim Austritt aus dem Kesselofen zeigt übrigens eine merkliche Zunahme mit der Tieferlegung des Rostes. Auch die Wärme des Wassers beim Austritt aus dem Vorwärmapparate zeigt eine Steigerung, welche bedeutender ist, als diejenige des Speisewassers.

In Verfolg der Versuche, über welche soeben berichtet wurde, habe ich bei allen meinen Dampfkesseln mit Vorwärmer den Abstand des Rostes von den Siedern auf 0,55 Meter erhöhen lassen.

11. Versuche mit ansteigenden Rosten. — Im vergangenen Jahre hat man in Wesserling die Einrichtung der Roste verändert, indem man sie in geneigter Lage mit Ansteigen nach der Feuerbrücke zu angebracht hat. Die Notizen, welche wir hierüber der Güte des Herrn Marozeau verdanken, sowie der in der Anmerkung*) mitgetheilte Brief, geben die Resultate der dabei gemachten Beobachtungen.

*) Herr Marozeau schreibt unter dem 16. Januar 1863:

„Sie wünschen die Gründe zu wissen, warum wir allen unsern Rosten die geneigte Lage gegeben haben.

Die Versuche mit dem Guilloteau'schen System waren von unserm Werkmeister Heissinger speciell überwacht worden. Die Gase (produits) wurden getheilt und mehrere Male des Tages mit dem angewendeten Brennmaterial verglichen. Dieselben waren Vormittags schwach und vermehrten sich merklich gegen das Ende des Tages. Andrerseits erhob sich die anfangs horizontale Oberfläche der Kohlenschicht nach und nach gegen den Rost hin und nahm zuletzt eine entschiedene Neigung an. Es wurde sehr gute Kohle von Ronchamp mit höchstens 12% Aschengehalt gebraunt und dabei während eines zwölftägigen Versuches eine mittlere Leistung von 8,67 Liter verdampftes Wasser beobachtet. Als wir bei derselben Kohle die Versuche auf unserm horizontalen Roste wiederholten, erhielten wir nur 8,15 Liter. Da machte Herr Heissinger den Vorschlag, die Beobachtung, daß sich die Oberfläche der Kohlenschicht auf dem Guilloteau'schen Roste allmälig nach der Feuerbrücke zu erhöhte, zu benutzen und die Roste in derselben Weise ansteigen zu lassen. Diese Abänderung war mit bestem

Ich habe nach Abführung der vorstehenden Versuche denselben Kessel Nr. 1 eine Woche lang mit ansteigendem Roste, welcher vorn 45 und hinten 30,6 Centimeter Abstand (im Mittel 37,8 Cent.) von den Siedern besaß, und dann noch eine Woche bei resp. 51 und 34,5 Cent. Abstand (im Mittel 42,7 Cent.) arbeiten lassen und dabei ziemlich dieselben Resultate*) erhalten, als bei 35 und 40 Centimeter Abstand, nämlich im ersteren Falle 8,04, im letzteren 8,06 Liter verdampftes Wasser.

Die beobachteten Temperaturen der Gase und des Wassers beim Eintritt in den Kessel lassen nicht vermuthen, daß die Aufnahme der Wärme durch das Wasser etwa wegen der längere Zeit (10 Wochen) unterbliebenen Reinigung des Kessels und der Vorwärmer eine geringere gewesen sei.

---

Erfolg gekrönt, denn die Verdampfung stieg im Durchschnitt auf 8,68 Liter. Es ergab sich aber überdies noch ein anderer Vortheil, nämlich eine sehr wesentliche Erleichterung in der Bedienung und Reinigung des Rostes, welche von allen Heizern hervorgehoben wurde.

Dies sind die Thatsachen und Umstände, welche die Abänderung motivirten; es fragt sich nun, wie sie zu erklären und mit der Theorie zu vereinigen seien? Meiner Ansicht nach kann dies in folgender Weise geschehen. Bei unseren langen Rosten (1,8 Met.) war es der Bedienung wegen unbedingt nöthig, sie von den Siedern weiter abzurücken; auch hatte ich gefunden, daß der von mir angenommene Abstand von 51 Centimetern eine bessere Verbrennung bewirkte, indem die Gase nicht durch die Berührung mit dem Kessel abgekühlt wurden. Es wurde zwar dadurch die Wirkung der strahlenden Wärme vermindert, aber ich glaubte, daß die Wirkung der Vorwärmer dies ausgleichen werde. Indem nun vorn der Abstand von 51 Cent. beibehalten, derselbe aber hinten bis auf 34,5 Centim. vermindert wurde, konnte die strahlende Wärme mehr zur Wirkung gelangen. Wir gaben dabei die Kohle vorn auf und stießen sie hinter, wenn sie in Gluth war. Die im Augenblick des Aufgebens entwickelten Gase und Rauch streichen also über eine glühende Schicht hin, deren Einfluß auf die Gase um so bedeutender war, weil sie nahe darüber hingingen.

Ich habe seitdem diese Art des Aufgebens gegen diejenige vertauscht, welche Sie anwenden, und welche mir der Heizer Dehlinger gezeigt hat, und auch bei dieser Methode bewährt sich der ansteigende Rost gut. Die Verdampfung beträgt 8,44 Liter Wasser bei Kohle von Ronchamp mit 14% Aschengehalt, 8,96 Liter bei einem Gemenge aus 1/3 Steinkohle von Ronchamp und 2/3 Kohle von Crenzot. Wenn hiebei der strahlenden Wärme ein größerer Theil des Effectes zuzuschreiben ist, so ist andrerseits vorherzusehen, daß nur ein geringerer Theil der ganzen Wärme im Rauche mit fortgenommen und daß also die Temperatur des vorgewärmten Wassers, sowie diejenige des Rauches selbst niedriger ausfallen wird. Dies ist auch wirklich der Fall, denn bei 6° Temperatur des Speisewassers zeigt das vorgewärmte Wasser nur 64°, der Rauch noch nicht 90° Wärme. Es ist dies ein neuer Beweis dafür, daß der günstige Effect der Vorwärmer um so weniger hervortritt, je besser die Apparate im Uebrigen eingerichtet und bedient sind.

Leider sind Ihre Roste um 1/3 kleiner, als meine, weshalb unsere Resultate nicht miteinander verglichen werden können; doch würde ich es für sehr interessant halten, wenn Sie bei Ihren Versuchen auch die ansteigenden Roste mit berücksichtigten, und würde Ihnen vorschlagen, vorn 50, hinten bei der Feuerbrücke 35 Centimeter Abstand zu geben."

*) Vergleiche die Anmerkung auf Seite 111.

### 3. Versuche mit gekuppelten Kesseln.

12. Man findet häufig zwei oder drei Kessel ohne Vorwärmer nebeneinander, wovon der eine gewöhnlich nicht in Gang ist, sondern blos für den Fall der Noth zur Reserve angeschafft, oder für den dermaligen Betrieb der Fabrik überzählig ist. Unter solchen Verhältnissen habe ich mit geringen Kosten eine Einrichtung getroffen, welche öfters angewendet zu werden verdient; ich benutze nämlich den einen Kessel als Vorwärmer für den Nachbarkessel und habe damit sehr befriedigende Resultate erzielt, welche ich hier mitzutheilen für nicht überflüssig halte.

Der eigentliche Dampfkessel behält sein Register und den Essencanal, die heißen Verbrennungsgase gehen aber beim Austritt aus diesem Kesselofen durch einen besonderen Canal nach dem Nachbarkessel, circuliren dort um den Hauptkessel, treten dann unter die Sieder und entweichen nunmehr direct nach dem Schornstein. Die Sicherheitsventile des auf diese Weise in einen Vorwärmer umgeänderten Kessels müssen etwas stärker belastet werden, damit sie sich nicht unter den Stößen der Speisepumpe heben. Ein kupfernes Rohr mit Hahn dient zur Verbindung der Sieder der beiden Kessel.

Ich habe seit mehreren Monaten vier in dieser Weise paarweise gekuppelte Dampfkessel in Gang und es hat sich noch keine praktische Schwierigkeit hierbei herausgestellt.

Muß der eine der beiden Kessel reparirt werden, z. B. der Vorwärmekessel, so braucht man blos das Essenregister zu ziehen und die Gase direct nach dem Schornstein austreten zu lassen; ist es der eigentliche Kessel, welcher still stehen muß, so lassen sich die Kessel über Sonntags (mit Zuhülfenahme der beiden Nächte) wieder in ihren ursprünglichen Stand setzen, und es tritt also kein Stillstand ein, außer in dem sehr seltenen Falle, wo ein Kessel etwa während der Woche auf einmal stark zu lecken anfangen sollte.

Der Hahn an dem Rohre zwischen den beiden Siedern wird nur in dem Falle benutzt, wo der eine Kessel allein behufs der Reinigung entleert werden muß, oder wo in Folge eines längeren Stillstandes als von 36 Stunden zu befürchten wäre, daß der Druck im Kessel selber sehr merklich sinken könnte. Im letzteren Falle könnte nämlich das Wasser aus dem vorwärmenden Kessel in den eigentlichen Kessel überströmen und einen Theil des Dampfraumes ausfüllen, wenn man nicht Sorge trägt, die Verbindung zwischen beiden Kesseln abzusperren. Bei gut eingerichteten Anlagen, bei denen jeden Abend das Register und die Thüren des Aschenfalles geschlossen werden, findet man von einem Tage zum andern und selbst Montags Morgens ungefähr noch denselben Druck, wie beim Abstellen am Abend vorher.

Ueber die erzielten Resultate ist Folgendes zu bemerken. Die beiden gekuppelten Kessel sind ganz so eingerichtet, wie

der Siederohrkessel der Concurrenz vom J. 1859. Man verbrannte darunter pro Stunde nur 75 Kilogramme magere Kohle von Creuzot und zwölftägige Beobachtungen haben ergeben, daß das Speisewasser beim Austritt aus dem Vorwärmer 85° Wärme besaß, während es beim Eintritt 34° zeigte, daß es also im Durchschnitt 51° Wärme aufnahm.

Man wollte auch den Einfluß des Vorwärmekessels auf den Zug untersuchen und verbrannte bei einem andern zweitägigen Versuche unter dem Kessel ohne Vorwärmer 127 Kil. Steinkohle (Ronchamp) pro Stunde, wobei unter völlig geöffnetem Register 13,64 Cubikmeter Luft pro Kilogramm Kohle zuströmten. Die Temperatur der Gase stieg dabei auf 412° C. Hierauf wurde ein zweitägiger Gegenversuch angestellt, bei welchem die Gase um den Vorwärmkessel circulirten und bei gleicher Stellung des Registers nur 12,34 Cubikmeter Luft zuströmten. In diesem Falle wurden in Folge der durch die Vorwärmung des Wassers erzielten Oekonomie*) blos 105 Kil. Kohle pro Stunde verbraunt und die Gase zeigten beim Abgehen vom Kessel 410, beim Abziehen vom Vorwärmer 201° C. Wärme.

Der Schornstein hat am Scheitel 0,65 Met. Weite im Quadrat und ist 28 Met. hoch. Der Querschnitt des Registers beträgt 0,2 Quadratmeter (0,4 auf 0,5 Meter).

13. Was die Leistung der beschriebenen Einrichtung anlangt, so können die Resultate**) der an dem Kessel der Concurrenz vom J. 1859 mit dem Palazot'schen Apparate angestellten Versuche als maaßgebend angesehen werden. Ich stelle in der ersten der umstehenden Tabellen meine Beobachtungen zusammen.

Die Versuchsreihe B bezieht sich auf den bei der Concurrenz vom J. 1859 mit Nr. 2 bezeichneten Kessel, welcher mit dem daneben stehenden Kessel gekuppelt war, die Reihe D auf denselben Kessel, aber ohne Vorwärmer, ganz so wie er im J. 1859 benutzt wurde. In beiden Versuchsreihen wurde dieselbe Kohle gefeuert, nämlich Kohle von einer Sendung, welche bei der Ankunft auf dem Hofe vor den Kesseln möglichst gleichförmig gemengt worden war.

Die Versuchsreihen B, D, E, F beziehen sich auf den bei den Versuchen von 1859 benutzten Kessel und seinen Nachbarkesseln, Reihe G auf die S. 474 des vor. Jahrg. dies. Zeitsch. beschriebenen Kessel Nr. 1 und 3, nur sind bei Letzterem an Stelle der gußeisernen Röhren sechs blecherne Vorwärmerohre angewendet, welche ursprünglich zu dem Kessel Nr. 4 derselben Batterie gehörten.

Die Leistung ergab sich zu 6,91 Liter für die gekuppelten und zu 6,4 Liter für den gewöhnlichen Kessel, wobei zu bemerken ist, daß in letzterem Falle der Zug lebhafter war, als vortheilhaft ist, und daß es im Gegentheil zweckmäßig gewesen sein würde, wenn man bei den Versuchen mit Vorwärmer noch mehr Luft hätte zutreten lassen können.

Diese Zahlen zeigen eine Brennmaterialersparniß von 8% bei den gekuppelten Kesseln und in der Praxis dürfte sich dieselbe nach dem, was bereits auf S. 482 des vor. Jahrg. bemerkt worden ist, noch höher belaufen.

Die Versuchsreihe G, welche in der Zwirnerei und mit etwas besserer Kohle abgeführt wurde, hat auf ein nicht viel höheres Resultat geführt und es ist ziemlich sonderbar, daß man bei einer so wenig methodischen Einrichtung, wie die Benutzung des Kessels Nr. 1 als Vorwärmer ist, fast dasselbe Resultat erzielt als mit demjenigen Systeme, welches nach den mitgetheilten Versuchen als das vollkommenste anzuerkennen war. Der Inhalt des Vorwärmekessels beträgt 8760 Liter, die in der Zwirnerei probirten röhrenförmigen Vorwärmer faßten ziemlich 1000 und diejenigen mit 6 blechernen Rohren 4500 Liter Wasser. Die Temperatur des Wassers hält sich in den Vorwärmekesseln während der Zeit der Speisung und den ganzen Tag über ziemlich constant, erfährt dagegen in den gußeisernen und auch in den viel geräumigeren blechernen Vorwärmern ziemlich beträchtliche Schwankungen.*)

Die Versuchsreihe E, welche sich nur auf zweitägige mit der größten Sorgfalt von Seiten der Heizer abgeführte Versuche bezieht, kann nicht wohl verglichen werden, da soche Resultate nur bei einem Preisfeuern, nicht aber beim praktischen Betriebe zu erzielen sind.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe F, bei welcher nur ein Kessel ohne Vorwärmer geheizt wurde, unterscheiden sich blos um 3% von denjenigen der Versuchsreihe D, welche bei zwei Kesseln erzielt wurden, und giebt eine um 11% geringere Leistung, als die Versuchsreihe B mit zwei gekuppelten Kesseln.**)

---

*) Wenn die Gase direct nach dem Schornstein abgeführt wurden, ohne um den andern Kessel zu circuliren, so war der Zug viel zu heftig, um ein gutes Resultat erwarten zu können. Aus den im Berichte vom J. 1859 gegebenen Mittheilungen über denselben Kessel ist zu entnehmen, daß man durch Verminderung des Zuges eine um 12% bessere Leistung hätte erzielen können, und dann würde zwischen seiner Leistung und derjenigen der gekuppelten Kessel kein größerer Unterschied existirt haben, als ein solcher, welcher durch den Einfluß der Heizer erklärt werden kann.

**) Vergl. die Tabelle über die Versuche mit der fraglichen rauchverzehrenden Feuerung im Bulletin auf Juni 1863.

*) Vergl. Tabelle Nr. 7 auf S. 497 des vor. Jahrg.

**) Neuere Versuche bestätigen abermals die Vortheile der Vorwärmer und der Einrichtung mit gekuppelten Kesseln. Die Concurrenz für Heizer vom J. 1863 hat als Mittel aus 33 Tagen Betrieb eine verdampfte Wassermenge von 7,11 Litern ergeben, und da die Leistungen der drei geschicktesten Concurrenten ganz gleich waren, nämlich 7,37, 7,37 und 7,30 Liter, so mußten diese nochmals Probe feuern. Dies wurde unter denselben Kesseln vorgenommen, jedoch unter Benutzung des Nachbarkessels als Vorwärmer, und das Resultat der 18tägigen

| Versuchsreihe. Dampfkessel. | Datum 1863. | Dauer der Versuche in Stunden. | Temperatur der Gase beim Austritt vom Kessel. | Temperatur der Gase beim Austritt vom Vorwärmer. |
|---|---|---|---|---|
| B. Kessel Nr. 2 mit dem Nachbarkessel als Vorwärmer. | 16. bis 21. Febr. | $70^{3}/_{4}$ | 434°,4 | 283°,5 |
| D. Kessel Nr. 2 und Nr. 1, zusammen arbeitend ohne Vorwärmer. | 3. „ 7. März. | 58 | 291,4<br>337,2 | „ |
| E. desgleichen. | 17. „ 18. „ | 24 | 235<br>255 | „ |
| F. Kessel Nr. 2 allein, ohne Vorwärmer. | 19. „ 21. „ | 24 | 494 | „ |
| G. Kessel Nr. 1 und Nr. 3 aus der Zwirnerei mit blechernen Vorwärmern. | 10. „ 14. „ | $59^{11}/_{12}$ | ? | 281 |

| Datum der Versuche. | Dauer der Versuche in Tagen. | Kesseleinrichtung. | Luftmenge pro Kil. Steinkohle bei 0° u. 0,76 Met. Barom. Cub.-Met. | Verbrauchte Steinkohle pro Tag à 12 Stunden u. pro Kessel Kil. |
|---|---|---|---|---|
| 7. bis 12. März 1859.<br>28. Februar bis 5. März 1859. | 6 | Kessel mit 3 Siedern, 47,75 Qu.-Met. Heizfläche. | 7,47<br>8,68 | 1800<br>1800 |
| 6. Juni bis 2. Juli 1859.<br>17. bis 19. August 1859. | 25 | desgl., 27,25 Qu.-Met. Heizfl. | 8,58 | 1273 |
| 18. bis 23. Februar 1861.<br>18. bis 23. März 1861. | 12 | desgl., 47 Qu.-Met. | 8,64 | 1848 |
| April 1861. | 5 | desgl., 29,5 Qu.-Met. | 8,08 | 1148 |
| Mai 1861. | 24 | desgl., 27,25 Qu.-Met. | sehr gering | 1333 |
| April 1862. | 18 | desgl., 47 Qu.-Met. | desgl. | 1200 |
| 24. Aug. bis 29. Sept. 1863. | 33 | desgl., 27,25 Qu.-Met. | desgl. | 1333 |
| 3. bis 7. März 1863. | 5 | Kessel der Conc. v. 1859 u. der Nachbarkessel, jeder mit 27,25 Qu.-Met. Heizfl. ohne Vorw. | 10,8 | 814 |
| 19. bis 21. März 1863. | 3 | desgl. | 10 | 1585 |

### 4. Heizkraft der Kohle vom St. Josephschacht in Ronchamp.

14. Es wird aufgefallen sein, daß die Verdampfungskraft der zu den in der vorigen Tabelle angeführten Versuchen verwendeten Kohle wesentlich abweicht von derjenigen der bei den früheren Versuchen benutzten Kohle. Die zweite der obigen Tabellen enthält die Resultate der hierüber angestellten Beobachtungen.

Versuche war eine Wasserverdampfung von 8,07 Liter pro Kilogramm Steinkohle. Letztere Leistung ist um 11% höher, als die vorher von denselben Heizern unter denselben Kesseln während 18 Tagen erzielte mittlere Verdampfung und dieses Ergebniß ist um so interessanter, weil in beiden Fällen mit bemerkenswerther Intelligenz gefeuert wurde.

Dieselbe Kohle, zu gleicher Zeit von der Grube angeliefert, gab bei Aufschüttungsquantitäten von 6,8 Kilogrammen unter dem Kessel Nr. 1 der Zwirnerei mit 6 Vorwärmern an der Seite 8,21 Kil. Dampf, und da diese Leistung nicht wesentlich von derjenigen (8,07 Liter) abweicht, welche unter dem Kessel der Concurrenz vom J. 1859 mit Vorwärmer erzielt worden war, so bestätigt dies obige Behauptung über die gekuppelten Kessel.

| Temperatur des Speisewassers beim Eintritt in den Vorwärmer. | Maximum. | Minimum. | in den Kessel. | Maximum. | Minimum. | Rückstände in 100 Kil. Kohle. Kil. | Verbrannte Kohle in 12 Stunden. Kil. | Art der verbrannten Kohle. | Verdampftes Wasser reducirt auf 4°, in Litern. pro 1 Kil. Kohle. | pro 1 Kil. Kohle mit 10% Asche. | Proportionalzahlen. | Zugeführte Luftmenge pro Kil. Kohle. Cub.-Met. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37°,5 | 50° | 13° | 99°,2 | 100° | 93° | 18,35 | 1553 | Ronchamp Sendg. A. | 6,91 | 7,61 | 100 | 8,49 |
| " | " | " | 41,4 | 45 | 21 | 17,62 | 1628 | id. | 6,40 | 6,99 | 91,8 | 10,80 |
| " | " | " | 41,5 | 45 | 20 | 15,50 | 1563 | Ronchamp Sendg. B. | 6,90 | 7,35 | 96,6 | Zug sehr gering. Das Anemomet. bleibt stehn. |
| " | " | " | 39,2 | 44 | 17 | 14,0 | 1585 | id. | 6,45 | 6,75 | 88,7 | 10,02 |
| 24,2 | 29 | 20 | 104,3 | 142 | 80 | 14,3 | 2876 | Ronchamp Sendg. C. | 7,18 | 7,45 | 99,1 | 10,88 |

| Verdampftes Wasser von 4°C. pro Kil. Steinkohle. Lit. | Rückstände von 100 Kil. Steinkohle. Kil. | Verdampftes Wasser pro Kil. Steinkohle bei 10% Aschengehalt. Lit. | Proportionalzahl. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 6,66<br>6,60 | 19 ? | 7,40<br>7,33 | 97,3<br>96,5 | Bericht vom J. 1859. (Civilingenieur, Band VI) |
| 6,71 | 19,1 | 7,46 | 98,3 | an derselben Stelle. |
| 7,43 | 9,5 | 7,37 | 97,3 | Bericht über die neuen Versuche. (Civilingenieur, Band IX, S. 499.) |
| 7,39 | 12,3 | 7,58 | 100 | Bericht über die neuen Versuche. Tab. 3, Vers. 13. |
| Max. 7,51<br>Mitt. 6,96<br>Min. 6,57 | 9,6 | 7,47 | 98,4 | Concurrenz v. 1861. Bull. d. l. Soc. Ind. Aug. 1861. |
| Max. 7,70<br>Mitt. 7,53<br>Min. 7,41 | 10,8 | 7,59 | 100 | Concurrenz v. 1862. Bull. d. l. Soc. Ind. Dez. 1862. |
| Max. 7,37<br>Mitt. 7,02<br>Min. 6,87 | 12,4 | 7,11 | 93,7 | Concurrenz von 1863. Noch nicht veröffentlicht. |
| 6,40 | 17,6 | 6,99 | 92,0 | Versuche über die Palazot'sche rauchverzehrende Feuerung. Bull. d. l. Soc. Ind., Juni 1863. Frisch angelieferte Kohle, wie bei den vorigen Versuchen. |
| 6,45 | 14,0 | 6,75 | 88,9 | desgl. |

Aus der Vergleichung der verschiedenen Zahlen geht hervor, daß, abgesehen von denjenigen Differenzen, welche noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen, namentlich bei Versuchen, welche unter verschiedenen Umständen und zu verschiedenen Zeiten angestellt worden sind, daß abgesehen hiervon diejenigen Kohlen des St. Josephschachtes in Ronchamp, welche in den Jahren 1859 bis 1863 gefördert worden sind, gleiche Mengen Wasser verdampft haben.

Um die Vergleichung zu ermöglichen, sind die verschiedenen Kohlensorten auf denselben Gehalt an Rückständen reducirt worden; dieser Aschengehalt hat im Mittel aus zahlreichen Beobachtungen von 9,5 bis 19,1% des Kohlengewichtes geschwankt.

Für die letzten Versuche vom J. 1863 hat die Kohle unzweifelhaft eine geringere Leistung gegeben, selbst wenn man auf die Differenzen in dem Volumen der zugeführten Luft Rücksicht nimmt.

Das Mittel aus allen vor dem J. 1863 erzielten

| Datum 1863. | Dauer der Versuche. Stunden. | Temperatur des Wassers beim Eintritt | | Temperatur des Rauches beim Abgang von | | Verbrannte Kohle in Kilogr. | | Verbrannte Kohle pro Stunde u. Qu.-Met. Heizfläche | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | in die Vorwärmer. | in den Kessel. | dem Kessel. | den Vorwärmern. | pro 12 Stunden. | pro Stde. und Qu.-Decimet. Rostfl. | excl. Vorwärmer. | incl. Vorwärmer. |
| 1. bis 5. Sept. | $57\frac{3}{4}$ | 32°,4 | 100°,3 | 454° | 216° | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 8. „ 12. „ | $57\frac{1}{4}$ | 30,6 | 106,7 | 449 | 219 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 15. „ 19. „ | $57\frac{3}{4}$ | 30,9 | 108,4 | 451 | 212 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 22. „ 26. „ | $57\frac{3}{4}$ | 29,9 | 108,1 | 446 | 216 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 30. Sept. bis 3. Okt. | $46\frac{1}{2}$ | 30,4 | 109,9 | 415 | 202 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 6. bis 10. Okt. | $55\frac{3}{4}$ | 30,4 | 108,1 | 418 | 210 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 13. „ 17. „ | 56 | 30,8 | 109,3 | 424 | 210 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |
| 20. „ 24. „ | $57\frac{3}{4}$ | 30,3 | 109,1 | 456 | 254 | 1225 | 0,49 | 3,46 | 1,38 |

Leistungen giebt 7,44 Liter verdampftes Wasser von 4° C. pro Kilogramm Steinkohle mit 10% Rückständen, während hier blos 7 Liter herauskommen. Die Differenz beträgt also 6,3%.

### 5. Einfluß des mehr oder weniger häufigen Aufschüttens.

15. Frühere Versuche. — Mehrere Umstände haben mich vermuthen lassen, daß es bezüglich des Effectes nützlich sei, das Aufgeben von neuem Brennmaterial in kurzen Pausen zu besorgen. Bei den von der Industriellen Gesellschaft veranstalteten Concurrenzen für Heizer ließen diejenigen Leute, welche die besten Resultate erzielten, zwischen zwei Aufschüttungen nicht mehr als 3 bis 4 Minuten Zeit verstreichen und warfen bei einem stündlichen Brennmaterialverbrauch von 100 Kilogrammen jedesmal nur etwa 5 Kilogramme auf mehrere Schaufeln vertheilt ein. Auch bei der Concurrenz vom J. 1859 hatte ich zu beobachten geglaubt, daß schwache Aufschüttungen die besten Resultate gaben. Damals empfahl Herr Marozeau auf einmal 10 bis 12 Kilogramme einzuwerfen und dies in Pausen von 6 bis 7 Minuten zu wiederholen.

Doch schienen uns vorstehende Beobachtungen noch nicht durchschlagend genug; Herr Marozeau feuerte nämlich damals unter andern Verhältnissen und wendete eine andere Methode des Aufgebens an, welche er seitdem abgeworfen hat, und die Versuche mit den Heizern waren ebensowenig wie diejenigen des Jahres 1859 unter specieller Berücksichtigung des Einflusses des öfteren Aufgebens angestellt worden, sodaß mancherlei Umstände dazwischen getreten sein konnten, welche die Zuverlässigkeit darauf begründeter Folgerungen zweifelhaft machten.*)

16. Resultate der dieserhalb angestellten Versuche. — Ich habe demgemäß über diesen wichtigen Gegenstand eine Reihe specieller Versuche angestellt, deren Hauptergebnisse in vorstehender Tabelle verzeichnet sind. Die Versuche wurden acht Wochen hintereinander von demselben Heizer unter dem Kessel der Zwirnerei mit 6 danebenliegenden Vorwärmerohren, welcher im ersten Theile dieser Abhandlung beschrieben wurde, durchgeführt und dabei mit Steinkohle von Ronchamp gefeuert, welche in den ersten vier Wochen dieser Zeit sehr wenig Kleines enthielt, während später unsortirte Kohle von Ronchamp verwendet wurde, welche gleicher Beschaffenheit mit der bei der Concurrenz von 1863 gefeuerten Kohle war.

Diese Versuche wurden mit ebenso viel Sorgfalt abgeführt, als diejenigen über den Einfluß des Abstandes des

*) Die Herren Morin und Tresca haben in dem soeben erschienenen, sehr beachtenswerthen Werke über die Dampfmaschine (Des Machines à vapeur, tome I., production de la vapeur, Paris, chez Hachette, 1863) die in Mühlhausen abgeführten Versuche in dieser Beziehung durchgenommen und leiten daraus ab, daß unter Siederohrkesseln die Leistungen sich verhalten wie 6,48 : 6,71 : 6,99 Liter, wenn die auf einmal aufgegebenen Quantitäten sich wie 25 : 15 : 10 Kilogr. und die Pausen zwischen den Nachschüttungen sich wie 13,95 : 6,97 : 5,37 Minuten verhalten. Sie empfehlen jedoch Pausen von 6 bis 10 Minuten, weil die Heizer gewöhnlich die Ofenthüren nicht rasch genug schlößen.

Der erste Theil des genannten Werkes ist mir leider erst nach Abfassung und während der Drucklegung des Endes meines Aufsatzes zu Gesicht gekommen, was ich sehr bedaure, da meine Abhandlung durch die Benutzung der von den Herren Morin und Tresca mitgetheilten Beobachtungen und theoretischen Untersuchungen sehr gewonnen haben würde. Andererseits hätten diese Herren, denen ich für die Erwähnung meiner Arbeiten sehr dankbar bin, vielleicht einige ihrer Ansichten etwas modificirt, wenn sie meine letzten Versuche gekannt hätten. Sie theilen z. B. ganz die Ueberzeugung von der Vorzüglichkeit der Röhrenkessel mit innerer Feuerung vor den Siederohrkesseln, scheinen aber den Vorwärmern oder daneben aufgestellten Siedern Farcot's nicht ganz die Bedeutung beizumessen, welche sie verdienen dürften.

| Zahl der Aufschüttungen. | Kohlenmenge pro Aufschüttung. Kil. | Rückstand von 100 Kil. Kohle. Kil. | Mittlere Spannung der Dämpfe. Atm. | Verdampftes Wasser von 4° C. in Litern | | | | | Luftmenge pro Kil. Steinkohle bei 0° u. 0.76 Met. Barom. Cub.-Met. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | pro 1 Kil. Steinkohle. | pro Kil. Kohle mit 10 % Rückstand. | Proportionalzahl. | pro Stunde u. Qu.-Meter Heizfläche | | |
| | | | | | | | excl. Vorwärmer. | incl. Vorwärmer. | |
| 196 | 6,03 | 12,9 | 5,18 | 8,16 | 8,44 | 100 | 29,6 | 11,8 | 11,9 |
| 96 | 12,13 | 13,4 | 5,18 | 7,93 | 8,25 | 97,7 | 28,7 | 11,4 | 11,9 |
| 65 | 17,80 | 12,8 | 5,13 | 7,93 | 8,18 | 96,9 | 28,5 | 11,4 | 11,6 |
| 46 | 25,19 | 12,8 | 5,17 | 7,92 | 8,17 | 96,8 | 28,6 | 11,5 | 11,9 |
| 47 | 25,02 | 16,1 | 5,20 | 7,36 | 7,88 | 95,9 | 26,6 | 10,6 | 13,3 |
| 61 | 18,70 | 14,6 | 5,13 | 7,59 | 8,00 | 97,4 | 27,4 | 10,9 | 12,5 |
| 89 | 12,74 | 14,7 | 5,24 | 7,75 | 8,17 | 99,5 | 28,0 | 11,1 | 11,8 |
| 173 | 6,80 | 12,6 | 5,26 | 7,97 | 8,21 | 100 | 28,6 | 11,4 | 11,9 |

Rostes von den Siedern. In beiden Fällen waren die zu ermittelnden Unterschiede so gering, daß die allergewissenhafteste Abführung der Versuche unbedingt nothwendig war.

Nachdem sich bei einer ersten Versuchsreihe zu Gunsten des Aufgebens in kleinen Partieen von 6 Kilogrammen gegen 25 Kilogramme ein Vortheil von 3,2 Procent herausgestellt hatte, wiederholte ich die Versuche noch einmal, um Gewißheit zu erlangen, daß diese geringe Differenz nicht etwa von einem Beobachtungsfehler herrühre, und erhielt bei diesem zweiten Versuche bei dem Aufgeben der Kohle in kleinen Partieen einen um 4,1 Procent besseren Effect.

Da es nun sehr schwierig von den Heizern zu erlangen ist, daß sie recht oft einwerfen und dabei gehörig Sorge tragen, die Ofenthür nicht zu lange offen stehen zu lassen, und da andererseits der Unterschied der Leistung bei Posten von 6 und von 10 Kilogrammen nur sehr unbedeutend ist, so möchten wir schlüßlich empfehlen, die Kohle in Partieen von solchem Gewichte aufgeben zu lassen.*)

Uebrigens ist es wohl selbstverständlich, daß die von mir aus meinen Versuchen gezogenen Folgerungen auch keine weitere Tragweite haben sollen, als für die Umstände, unter denen die Versuche angestellt wurden, d. h. für Steinkohle von Ronchamp und für einen stündlichen Brennmaterialverbrauch von ungefähr 100 Kilogrammen.

*) Auch bei der in diesem Jahre stattgefundenen Concurrenz für Heizer, welche ich beaufsichtigt habe, fand ich wieder, daß die geschicktesten Heizer die Kohle in außerordentlich kleinen Partieen aufgaben. Der Heizer Sax, offenbar der beste unter allen Concurrenten, warf z. B. durchschnittlich nur 3,5 Kilogramme Kohle auf einmal ein, aber in Pausen von 2 Minuten; Munsch, der zweite dem Range nach, nahm jedesmal 4 Kilogramme, alle übrigen 5 bis 6 Kilogramme pro Charge. Der Heizer Sax gehört ohne Zweifel zu den intelligentesten Feuerleuten, die mir vorgekommen sind, doch darf man nicht übersehen, daß es sich hier um ein Wettfeuern handelte, für welches ungewöhnliche Maaßregeln geboten waren. Sax gestand mir sogar, daß er eine derartige Anstrengung nicht noch einige Tage länger auszuhalten im Stande sein würde.

Bei den in obenstehender Tabelle angeführten Versuchen hat sich der Heizer nicht ganz so angestrengt, als wünschenswerth gewesen wäre, um den ganzen Nutzen des Aufgebens in möglichst kleinen Quantitäten kennen zu lernen, aber dafür sind die Resultate auch solche, welche beim gewöhnlichen Betriebe erzielt werden können.

# Ueber Thomas Agudio's neues System der Seilebenen.

Von

**Molinos.**

(Nach den Mémoires et Compte-rendu des travaux de la Société des Ingenieurs Civils, 2. sér., 16. ann., 3. cah.)

Die neue von Herrn Agudio angegebene Einrichtung der Seilebenen ist meiner Ueberzeugung nach die wesentlichste Verbesserung, welche an dieser Methode der Fortschaffung seit ihrer Einführung ins Eisenbahnwesen überhaupt vorgenommen worden ist. Ihre Vorzüge sind nicht nur durch gründliche theoretische Untersuchungen des Erfinders, sondern auch durch Versuche dargethan; das Agudio'sche System ist nämlich auf einer schiefen Ebene von 27 bis 32 Tausendstel Steigung und 2400 Meter Länge zu Dusino auf einer nicht mehr benutzten Strecke der Eisenbahn von Turin nach Genua ausgeführt worden.

Die Kosten, welche dieser Versuch im Großen verursacht hat, sind theils von der italienischen Regierung, theils von einer das neue System patronisirenden Gesellschaft getragen worden, welche aus Männern hervorragender Stellung besteht. Die damit angestellten zahlreichen Versuche sind in Gegenwart von Commissionen der italienischen Regierung, des Königlichen Institutes zu Mailand und einer englischen Gesellschaft abgeführt worden und haben durchaus günstige Resultate gegeben, auf welche wir wieder zurückkommen werden.

Um die ganze Bedeutung der neuen Erfindung zu erfassen, ist es nöthig, die Mängel aufzuzählen, welche dem gegenwärtigen System der Seilebenen anhaften; diese flüchtige Aufzählung wird erkennen lassen, wie es gekommen ist, daß diese Methode der Beförderung nicht mehr Anwendung gefunden hat, und wird zugleich die Vorzüge des neuen Systemes in das gehörige Licht setzen.

Daß man die Seilebenen nicht auf Bahnen mit gewöhnlichen Steigungen angewendet hat, ist sehr begreiflich, denn wenn selbst ihre Einrichtung in jeder Beziehung eine vollkommene wäre, so würde doch immer solch ein Wechsel im Beförderungssystem sehr wesentliche Schwierigkeiten verursachen. Es ist daher ganz natürlich, daß man, selbst wenn damit bedeutend höhere Anlags- und Unterhaltungskosten verbunden sein sollten, danach strebt, durchgängig dieselbe Betriebsmethode anwenden zu können. Dagegen muß es allerdings für den ersten Augenblick befremdend erscheinen, daß die Seilebene auch nicht einmal bei solchen Bahnen, welche ganz in ihrer Sphäre liegen, ich meine die Gebirgsbahnen, Eingang gefunden haben, und hierfür kann der Grund nur darin liegen, daß die ausgezeichneten Ingenieurs, welche derartige schwierige Projecte zu entwerfen gehabt haben, sich von ihrer Unbrauchbarkeit überzeugt und in dem Gebiete des gewöhnlichen Eisenbahnbetriebes Mittel gefunden haben, solche Schwierigkeiten zu überwinden, wenn auch mit außerordentlichem Aufwande an Kosten und Zeit. Die Gründe dieser Hintansetzung sind sehr gerechtfertigt und man darf nur näher auf die Sache eingehen, um zu erkennen, daß die Seilebenen mehr nur ein besonderes Auskunftsmittel, als zum wirklichen Betriebe im Großen geeignet sind. Man braucht dabei nicht etwa auf besondere Beispiele einzugehen, sondern die nähere Betrachtung der allgemeinen Bedingungen, welche bei der Uebersteigung von Gebirgen erfüllt werden müssen, zeigt deutlich genug die Natur der zu besiegenden Schwierigkeiten.

Nähert man sich den Uebergängen, so wächst die Neigung der Thalsohle in starkem Maaße und überschreitet stets bedeutend die Steigung, welche man einer Eisenbahn geben kann. In den meisten Hauptthälern der Alpen zeigt z. B. die Thalsohle nach den Uebergängen hin Steigungen von 20 bis 30 und sogar noch mehr Procenten. Wie soll man hier eine Eisenbahn traciren können? Es giebt dazu nur ein Mittel, nämlich den Ausweg, daß man in den Nebenthälern, welche in den Gehängen der Hauptthäler ausmünden, sich die erforderliche Bahnlänge zu verschaffen sucht, und dies hat die wichtige Folge, daß die so erhaltene Bahnlinie nicht nur außergewöhnliche Steigungen, sondern auch Curven erhält, deren Radius allerdings durch Vermehrung der Steigung meistentheils auf ein vortheilhafteres Maaß gebracht werden kann, welche aber niemals ganz vermieden werden können.

Es fragt sich nun, ob die gegenwärtige Einrichtung der schiefen Ebenen zur Ueberwindung derartiger Verhältnisse

geeignet sei, und man kann nicht anders als mit Nein antworten. Zur Zeit sind die zur Beförderung von Personenzügen bestimmten schiefen Ebenen immer nur unter folgenden Verhältnissen ausgeführt worden: nämlich bei verhältnißmäßig geringer Steigung, so daß der Betrieb mit Locomotiven möglich war, dann bei 3 bis höchstens 3,5 Kilometer, meistens aber bei weit geringerer Länge, endlich in geraden Strecken, ohne Curven. Es ist hierbei noch hervorzuheben, daß man keine einzige von diesen Bedingungen umgehen kann, ohne genöthigt zu sein, die andern in noch engere Grenzen einzuschließen.

Will man z. B. eine schiefe Ebene mit starker Steigung annehmen und darauf einigermaaßen schwere Züge aufwärts befördern, so erhält man sehr starke Seile. Will man Curven anwenden, so kann man kein flaches Seil nehmen; Rundseile aber verursachen durch ihre Steifheit große Kraftverluste, nutzen sich auf den Leitrollen in den Curven stark ab und zwar um so mehr, je stärker sie sind, und verursachen endlich durch ihr bedeutendes Gewicht nicht zu übersehende Schwierigkeiten beim Anholen des Zuges. Uebrigens wird aus Rücksichten auf die Sicherheit die Länge beschränkt und die Anbringung von Curven verboten, denn der Zug wird durch eine feststehende Maschine bewegt, so daß es unmöglich ist, seine Bewegung anderweit anzuhalten oder zu reguliren, als durch diese Maschine. Der Maschinist muß demnach den Zug sehen können und doch muß bemerkt werden, daß diese Bedingung fast niemals gehörig erfüllt werden kann. Endlich sind mit Ausnahme der neuerdings erbauten Seilebene von La Croix-Rousse, noch nirgends genügende Vorkehrungen getroffen worden, um den schrecklichen Unfällen, welche durch einen Seilbruch herbeigeführt werden können, vorzubeugen, weder auf schiefen Ebenen, welche den Reibungswinkel überschreiten, noch bei stärkeren Steigungen, z. B. bei mehr als 6 Procent. Und allerdings sind dabei ganz besondere Schwierigkeiten zu überwinden, wenn man nicht ein ganz verschiedenes Betriebsmaterial anwenden will. Diese Schwierigkeit halte ich indessen jetzt für überwunden; man kann nämlich ohne wesentliche Vermehrung des todten Gewichtes am Ende des Zuges einen Bremswagen anhängen, welcher ähnlich wie bei der von mir gebauten Eisenbahn von La Croix-Rousse die Schienen zangenartig faßt und den Zug im Fall eines Seilbruches aufzuhalten im Stande sein wird, mag die Steigung den Reibungswinkel übertreffen oder geringer sein. Mag nun aber hierdurch auch die Gefahr der Seilebenen beseitigt sein, so wird ihre Anwendbarkeit immer noch durch die beiden nachstehenden Umstände beeinträchtigt, nämlich 1) durch die Nothwendigkeit, sie geradlinig zu legen, was die Berücksichtigung der Terrainverhältnisse unmöglich macht und 2) durch die Unmöglichkeit, eine größere Länge und Steigung zu geben, weil dann das Gewicht des Seiles zu groß ausfällt, und weil die Sicherheit des Betriebes unter der Abhängigkeit des Zuges von der stehenden Maschine leidet.

Das sind die Mängel des jetzigen Systemes der Seilebenen, welche Herr Agudio zu beseitigen gesucht hat. Wir wollen jetzt sehen, durch welche ingeniösen und neuen Einrichtungen er dieses Ziel erreicht hat.

Bei dem alten Systeme erfüllt das Seil einen doppelten Zweck; es hält nämlich den Zug auf der schiefen Ebene und es theilt ihm auch seine Bewegung mit. Diese doppelte Verwendung stellt an das Seil bezüglich seiner Stärke sehr widersprechende Anforderungen; denn, um die Sicherheit des Zuges zu garantiren und Seilbrüchen vorzubeugen, muß das Seil eine bedeutende Stärke erhalten, wodurch dasselbe schwer wird, und um den Betrieb zu erleichtern, möchte das Gewicht ein möglichst geringes sein, damit die passiven Widerstände, welche von der Steifheit des Seiles und seiner Reibung während der Bewegung abhängig sind, möglichst niedrig ausfielen.

Herr Agudio hat nun diese Widersprüche dadurch vermieden, daß er an Stelle eines Seiles zwei von einander unabhängige Seile angewendet hat, wovon das eine die Sicherheit des daran hängenden Zuges, das andere die Fortbewegung desselben vermittelt. Das erstere Seil hat einen sehr großen Querschnitt, um jedem Reißen vorzubeugen, und liegt fest und unbeweglich mitten im Gleise, indem es gewissermaaßen die Stütze des Zuges bildet. Dieses Seil, welches der Erfinder das Adhäsionsseil nennt, verrichtet denselben Dienst, wie die Betriebskette bei der Canalschifffahrt mit versenkter Kette*), indem es zweimal um die Peripherie zweier in der Längenaxe eines, am

*) Dee Herr Verf. meint ohne Zweifel die Bouquié'sche Vorrichtung zur Canalschifffahrt, bei welcher eine 9 Millimeter starke Kette auf dem Boden des Canales liegt, an welcher sich die Kähne mittelst einee auf dem Verdeck oder im Schiff aufgestellten Locomobile und eines davon getriebenen Kettenrades mit Vorsprüngen fortarbeitet. Das Kettenead liegt auf einem leicht wegzunehmenden hölzernen Rahmen, welcher über den Bord des Schiffes überhängt, abee auch zue Seite geschoben und ziemlich in die Längenaxe des Schiffes gebracht werden kann, wenn eine Schleuse zu passiren ist. Wenn zwei Schiffe bei einander voebeigehen, so läßt das eine die Kette fahren und nimmt sie nachher wieder auf. Der belgische Ingeniene H. Maus berichtet übee diese wichtige Erfindung im XX. Bande der Annales des Travaux publics de Belgique und hat Versuchen bei Paris auf dem Canal von St. Denis auf der Oise zu Compiègne und auf dem Canal St. Quentin bei letzteree Stadt beigewohnt. Die Bewegung dee Schiffe duech Schleusen, in geraden und krummen Canalstrecken und beim Begegnen ging ohne Anstand voe sich und zwae mit 3 Kilometer Geschwindigkeit auf dem Canal St. Denis, mit 2 Kilom. pro Stunde auf dem Oiseflusse beim Aufwäetsfaheen. Nach Angabe des Erfinders würden die Transportkosten bei einem jährlichen Veekehr von 200000 Tonnen 0,8 bis 1,7 Centimes pro Tonne und Kilometer beteagen.

D. Red.

Ende des Zuges angehangenen, Wagens liegender Trommeln geschlungen ist. Die Rotation dieser Trommeln, welche, wie wir sehen werden, durch das zweite Seil vermittelt wird, zwingt sie, sich am Adhäsionsseile abzuwickeln, wodurch, ebenso wie bei der versenkten Betriebskette der Canalschifffahrt, das Vorrücken des Zuges bedingt wird.

Diese Einrichtung garantirt also vor allen Dingen die Sicherheit des Zuges vollkommen, erstens durch die ungewöhnliche Stärke und Festigkeit des Adhäsionsseiles und zweitens durch den Umstand, daß Letzteres nicht bewegt wird, was es vor der beim alten System mit directem Zuge immer rasch eintretenden Abnutzung mehr schützt.

Das andere Seil, das sogenannte Betriebsseil, hat die Kraft der stationären Maschine auf den Zug zu übertragen und ihm die aufwärts gerichtete Bewegung mitzutheilen. Dieses Seil liegt nicht fest und ist nicht blos einfach wie das Adhäsionsseil, sondern es ist ein Seil ohne Ende, welches auf zwei zu beiden Seiten des Adhäsionsseiles angebrachten Reihen von Rollen liegt. Während das eine Trumm dieses Seiles aufgeht, geht das andere nieder und sein Querschnitt und Gewicht pro laufendes Meter können zur Verminderung der Widerstände bei der Bewegung mittelst der sogleich näher zu beschreibenden Einrichtung auf's geringste Maaß beschränkt werden.

Anstatt eines einzigen Motors wie bei den zeitherigen Seilebenen wendet Agudio deren zwei von gleicher Stärke an, wovon der eine am Fuße der Rampe, der andere am obern Ende derselben aufgestellt ist. Die obenstehende Maschine zieht mittelst der gewöhnlichen Maschinerie das aufwärtssteigende Seiltrumm an sich, während die unten stehende Maschine das niedersteigende Seiltrumm aufwickelt. An jedem Ende der Seilebene ist das Seil durch einen hinter den treibenden Seilkörben stehenden Spannapparat geleitet und angespannt.

Auf dem Wagen, welcher die Seiltrommeln für das Adhäsionsseil trägt (von Agudio der Seiltriebwagen genannt), befinden sich auch rechts und links von den Trommeln zwei Paar Rollen in der Ebene der beiden Trümmer des Betriebsseiles. Da Letztere um die Rinnen dieser Rollen geschlungen sind und sich nach entgegengesetzten Seiten bewegen, so erhalten die beiden Paare von Rollen eine Umdrehungsbewegung in entgegengesetzter Richtung mitgetheilt. Das Betriebsseil wickelt sich auf diese Rollenpaare ganz in derselben Weise auf, als das Adhäsionsseil auf die Trommeln oder die Betriebskette der Schleppkähne. In jedem Rollenpaare ist die eine Rolle die eigentlich treibende, welche vermittelst einer Köchlin'schen Kuppelung und zweier Zahn- oder Frictionsräder die Bewegung auf die betreffende Trommel überträgt und den Aufgang des Zuges bewirkt.

Durch diese Einrichtung gewinnt man, daß auch die im niedersteigenden Seiltrumm enthaltene Zugkraft nutzbar gemacht wird, welche beim alten Systeme nicht arbeitete, oder mit andern Worten, daß die dort von einem einzigen Seiltrumme verrichtete Arbeit hier auf zwei Trümmer vertheilt ist, von denen jedes sonach blos halb soviel Querschnitt zu erhalten braucht. Außerdem braucht aber hier die Geschwindigkeit des Betriebsseiles auch nicht gleich groß zu sein mit derjenigen des Zuges, weil die Uebertragung der Bewegung von den Rollen auf die Trommeln in beliebigen Uebersetzungsverhältnissen erfolgen kann; die Rollen können z. B. eine drei- und viermal so große Umdrehungsgeschwindigkeit bekommen, als die Trommeln. Daher läßt sich die bereits auf die Hälfte verminderte Inanspruchnahme des Seiles noch weiter auf das Dritttheil und Viertheil reduciren, je nachdem man dieses oder jenes Uebersetzungsverhältniß anwendet, und der von einem solchen Seiltrumme auszuübende Zug wird also schlüßlich nur $1/6$ oder $1/8$ von demjenigen Zuge betragen, welchen das Seil bei directem Zuge würde ausüben müssen. Auch wird das Seil nunmehr pro laufendes Meter nur $1/6$ oder $1/8$ soviel wiegen, als es bei dem alten Systeme gewogen haben würde, und es ist einleuchtend, daß man das Gewicht noch weiter herabziehen könnte, wenn dies erforderlich erschiene.

In dieser höchst interessanten Einrichtung besteht der Kern der Agudio'schen Erfindung. In Folge der Anwendung zweier besonderer Seile wird Herr Agudio in Stand gesetzt, dem einen Seile, von dessen Festigkeit die Sicherheit des Zuges abhängt, einen beliebig starken Querschnitt zu geben, ohne doch dadurch die passiven Widerstände zu vergrößern, da diese von der Stärke des andern, beliebig schwach zu haltenden Seiles abhängig sind.

Diese allgemeine Beschreibung genügt, um nunmehr zur Prüfung des Systemes vom Standpunkte der Mechanik aus überzugehen, welche uns weitere Vortheile klar machen wird. Denken wir uns zu dem Ende das neue System auf eine schiefe Ebene von 10 Procent Steigung und 6 Kilometer Länge angewendet, auf welcher Züge von 80 Tonnen Gewicht aufwärts bewegt werden sollen. Das Betriebsseil möge 32 bis 36 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde erhalten, eine Geschwindigkeit, welche ohne Anstand auf den schiefen Ebenen von Liverpool und Glasgow angewendet wird. Der Zug mag $1/4$ soviel, also 8 bis 9 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde bekommen und der Seiltriebwagen ein Gewicht von 20 Tonnen besitzen, was jedenfalls ein Maximum ist. Die zu leistende Arbeit wird sich dann aus folgenden Posten zusammensetzen:

Componente des Zuggewichtes
$0,1 . (80000 + 20000) = 10000$ Kil.
Reibungswiderstand von Axen und Rädern
à 5 Kil. pro Tonne $= (80 + 20) . 5 = 500$ „
Totaler Widerstand $= 10500$ Kil.

Rechnet man bei dem Adhäsionsseile eine Inanspruchnahme von 5 Kil. pro Quadratmillimeter, so erhält man 2100 Qu.-Mill. Querschnitt und 16,8 Kil. Gewicht pro lauf. Meter.

Läßt man ferner bei dem Betriebsseile eine Inanspruchnahme von 10 Kilogrammen pro Quadratmillimeter zu, so ergiebt sich ein Querschnitt von $\frac{10500}{10.8} = 131{,}25$ Qu.-Mill. und ein Gewicht von 1,05 oder ungefähr 1 Kil. pro lauf. Meter.

Da nun die Seilebene 6 Kilometer Länge besitzt, so wird das Gesammtgewicht des Betriebsseiles höchstens 12500 Kil. betragen und die Bewegungswiderstände würden sich nach den gewöhnlich für Seilebenen angewendeten Sätzen auf $\frac{1}{16} . 12500 = 780$ Kil. belaufen, was noch mit vier zu multipliciren ist, da das Seil eine viermal so große Geschwindigkeit als der Zug besitzt. Diese Widerstände betragen also $780 . 4 = 3120$ Kil.

Hierzu muß man noch den Widerstand des Seiltriebwagens addiren, welcher zu $20 . 105 = 2100$ Kil. in Anschlag zu bringen ist, und erhält also schlüßlich

für die passiven Widerstände $3120 + 2100 = 5220$ Kil.
„ „ nützlichen „ $80 . 105 = 8400$ „

Vergleicht man beide Widerstände, d. h. die verlorene und die verrichtete Arbeit, so erhält man das Verhältniß

$$5220 : 8400 = 1 : 1{,}6,$$

so daß dieses System von Seilebenen einen Nutzeffect von 62,5 Procent der ganzen verrichteten Arbeit verspricht. Wir werden weiter sehen, inwieweit diese Rechnung durch die Erfahrung bestätigt wird.

Wenn solch eine schiefe Ebene, wie hier im Beispiel angenommen wurde, nach der gewöhnlichen Weise mit Seil betrieben werden sollte, so würde man auf unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen. Das Gewicht des Betriebsseiles würde nämlich 16 Kil. pro lauf. Meter betragen und die durch Steifheit und Biegungswiderstände in den Curven verlorengehende Arbeit, sowie die beim Anholen des Zuges zu überwindende Last würde so beträchtlich sein, daß man von diesem System absehen müßte, wenn überhaupt die starke Abnutzung, welche in stärkerem Grade als das Seilgewicht wächst, und die dadurch herbeigeführte Gefährlichkeit des Systemes auf einen Augenblick den Gedanken an dessen Anwendung hätte aufkommen lassen.

Wenn wir nun jetzt die hauptsächlichsten Details des Agudio'schen Systems prüfen, so werden wir auch hier finden, daß dabei die wichtigsten Unzuträglichkeiten, welche an den zeitherigen Seilebenen zu tadeln waren, mit gleichem Glück beseitigt worden sind.

Betrachten wir zunächst die Uebertragung der Kraft von der stationären Maschine auf das Seil, so sehen wir, daß Herr Agudio ganz die Gefahr zu umgehen gewußt hat, welche bei den gewöhnlichen Seilebenen durch die directe Befestigung des Seiles herbeigeführt wird und darin besteht, daß bei einer durch irgend welche Umstände herbeigeführten plötzlichen Verzögerung des Zuges während seiner Bewegung das Seil eine außerordentliche Dehnung erfährt, wo nicht gar bis zum Bruche angestrengt wird. Bei dem neuen Systeme wickelt sich das Seil am obern Ende der schiefen Ebene um ein Paar Rollen und von da über eine auf einem Wagen liegende horizontale Scheibe, welche sich mit dem Wagen auf einer sehr stark geneigten Bahn bewegt und zur Spannung des Seiles dient, d. h. durch ihr Gewicht in den beiden Seiltrümmern eine so starke Spannung erzeugt, daß das Betriebsseil auf den Rollen des Seiltriebwagens nicht rutschen kann. Genau ebenso ist auch die Einrichtung für das niedergehende Seiltrumm am unteren Ende der Seilebene.

An der Seilebene zu Dusino bedient man sich zweier Locomotiven als stationärer Maschinen. Sie theilen ihre Bewegung den Treibrollen des Seiles durch Frictionsrollen mit, welche mittelst eines Balanciers und Gewichtes an die Treibräder der Maschinen angepreßt sind. Es kann also in der That nicht der geringste Stoß auf das Seil übergetragen werden, weder von der Maschine, noch von dem Seiltriebwagen. Sollte die Spannung des Seiles momentan die vorausgesehene Größe überschreiten, so würde das Seil auf den Rollen des Wagens, oder die Frictionsrolle an dem Treibrade der Locomotive rutschen.

Dies ist aber eine Hauptbedingung für die gute Conservirung des Betriebsseiles.

Bei den zahlreichen Versuchen, welche an der Seilebene von Dusino in Gegenwart der erwähnten Commissare angestellt worden sind, hat man mehrfach den Zug plötzlich in Bewegung gesetzt, indem man die Seilrollen auf einmal einrückte, während das Betriebsseil in Gang war, aber es hat sich nie ein anderer Nachtheil gezeigt, als ein momentanes Gleiten des Seiles auf den Rollen beim Abgange.

Die Trommeln und Seilscheiben, welche den Bewegungsapparat darstellen, werden von einem langen Rahmen getragen, der an beiden Enden auf beweglichen Gestellen nach amerikanischer Construction ruht, und aus vier starken armirten, durch blecherne Querstreben unter sich verbundenen Balken besteht. In dem davon umschlossenen leeren Raume sind die beiden großen Trommeln einander gegenüber gelagert und daneben die beiden Seilrollenpaare. Die Trommeln besitzen zwei Kehlen, welche zwei Umgänge des Adhäsionsseiles aufnehmen. Bei den Rollenpaaren ist je eine Rolle ohne Eingriff mit den Trommeln und dient nur als Leitrolle, während die andere die Bewegungsübertragung vermittelt.

Das aufsteigende Seiltrumm geht zweimal über die Rinnen des rechten Rollenpaares und das niedergehende Seiltrumm ebenso oft über das linke Rollenpaar. Die rechte Treibrolle ist in der halben Länge des Rahmens gelagert und ihre nach der Mitte des Rahmens hin verlängerte Axe trägt ein Rad, welches durch die Spannung des Adhäsionsseiles selbst zwischen die Umfänge der Trommeln gepreßt wird. Dieses Rad hebt erstens die horizontale Pressung in den Lagern der Trommeln auf und dient gleichzeitig dazu, die Rotationsbewegung der Treibrolle durch Friction auf die Trommeln zu übertragen. Die linke Treibrolle wirkt dagegen mittelst eines an ihrer Axe sitzenden Zahnrades auf einen im Innern der einen Trommel aufgeschraubten Zahnkranz.

Es ist zu bemerken, daß das an der Axe der rechten Treibrolle steckende Rad und das Getriebe an der Axe der linken Rolle nicht denselben Durchmesser haben, ob sie gleich auf denselben Trommeldurchmesser wirken. Diese Differenz ist wegen des Verhältnisses zwischen den Geschwindigkeiten der Rollen und des Zuges nöthig. Die rechte Treibrolle, welche das aufgehende Seiltrumm trägt und sich folglich in der Richtung des Seiltriebwagens bewegt, muß nämlich am Umfange eine Geschwindigkeit gleich der Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Seiles und derjenigen des aufsteigenden Wagens besitzen, während die linke Treibrolle, welche sich in entgegengesetzter Richtung zum Seiltriebwagen dreht, eine Umfangsgeschwindigkeit erhalten muß, welche der Summe der Geschwindigkeiten des Seiles und Wagens gleich ist. Wenn nun die Geschwindigkeit des Seiles beispielsweise 4 mal so groß ist, als diejenige des Seiltriebwagens, so müssen sich die Umfangsgeschwindigkeiten der rechts und links liegenden Seilrollen zueinander verhalten wie $4 - 1 : 4 + 1 = 3 : 5$. Es muß also auch das Verhältniß zwischen den Durchmessern des Frictionsrades und des Getriebes sein wie $3 : 5$, oder mit andern Worten: das Frictionsrad muß $1/3$, das Getriebe $1/5$ des Durchmessers der Treibrollen zum Durchmesser erhalten, wenn Letztere gleich hoch sind. Beträgt z. B. der Durchmesser der Trommeln und Rollen 3 Meter, so bekommt das Frictionsrad 1 und das Getriebe 0,6 Met. Durchmesser, was ganz gute Verhältnisse sind.

Es ist bereits gesagt worden, daß beim alten System der Seilebenen eine der größten Unvollkommenheiten in der unlöslichen Verbindung des Zuges mit dem Seile, also in der unbedingten Abhängigkeit des Zuges von der stehenden Maschine bestehe. Ganz anders ist dies bei dem Agudio'schen Systeme, wo der Zug auf der schiefen Ebene beliebig angehalten und wieder in Gang gebracht werden kann. Um einen Zug in Gang zu bringen, braucht man nur die Bremsen zu öffnen und die Seilrollen einzurücken, was mit größter Leichtigkeit und ohne alle Befürchtung eines Bruches geschehen kann. Die Sicherstellung vor einem Seilbruche liegt, wie bereits angeführt wurde, in der Uebertragung der Bewegung bei den stehenden Maschinen am Kopfe und Fuße der Seilebene durch Friction und in der Möglichkeit des Gleitens der Seile in den Rinnen der Rollen, überdies ist aber auch die Einrückungsvorrichtung so construirt, daß dabei kein Stoß möglich werden kann. Dieselbe besteht aus drei seinweis an der Seilrolle angebrachten Segmentstücken, welche durch Hebel und Schrauben in radialer Richtung nach außen geschoben und gegen den Kranz der Rolle angepreßt werden können. Diese von Herrn Köchlin angegebene Frictionskuppelung hat sich vollständig bewährt.

Da das Betriebsseil vor dem Abgange des Zuges schon in Gang gebracht wird, so wird das Ingangsetzen des Zuges durch die in den Seilrollen angesammelte lebendige Kraft erleichtert.

Die bedenklichste Seite des Agudio'schen Seilebenenbetriebes liegt in der Uebertragung der Bewegung vom Betriebsseile auf die Rollen, welche ohne Gleiten stattfinden muß, und man könnte an der Ausführbarkeit des ganzen Systemes zweifeln, wenn der Versuch nicht die Richtigkeit der Voraussetzungen dargethan hätte. Erwägt man die Bestimmung der Spannrollen, so zeigt sich, daß dieselben bei normalem Gange ihren Ort nicht verändern werden, weil sich von den Rollen links ebenso viel Seil abwickelt, als von der Rolle rechts aufgewickelt wird; sobald aber auf dem einen Rollenpaare ein Gleiten eintritt, so hört die Gleichförmigkeit auf und die Spannrollen verändern ihren Ort, indem die eine sich von der Seilebene entfernt, die andere ihr näher rückt. Dauerte diese Wirkung länger an, so würde die Spannrolle bis an das Ende ihrer natürlich beschränkten Bahn rücken, die Spannung im Betriebsseile nachlassen und die Wirksamkeit des Apparates darunter leiden. Die ersten Versuche an der Seilebene von Dusino zeigten auch, wie wichtig dieser Umstand sei, und nöthigten Herrn Agudio, die Form der Rinnen in den Rollen abzuändern, um die Reibung des Seiles zu verstärken. Diese Rinnen besitzen jetzt eine länglich trapezoidale Form; in der Spitze des Trapezes werden zwei Hanfseile scharf eingeschlagen, welche den Boden bilden, auf welchem sich das Betriebsseil abwickelt. Bei dieser Einrichtung findet kein Gleiten statt, was durch das Stehenbleiben der beweglichen Spannrollen bewiesen wird; übrigens zeigten auch Spielzähler, welche man an den beiden Maschinen anbrachte, eine gleiche Zahl von Kolbenspielen.

Eine weitere Bedingung des guten Gelingens des Systemes besteht in der vollkommenen Gleichheit der beiden Triebrollen. Wären diese nicht ganz gleich, so würde nothwendig ein Gleiten des Seiles erfolgen, was übrigens, wenn es nicht zu stark wäre, keine bedenklicheren Folgen,

als eine ungleiche Abnutzung der gekuppelten Räder einer Locomotive haben würde.

Weitere Eigenthümlichkeiten sind von der Agudio'schen Seilebene nicht zu erwähnen, als noch die Aufstellung der Tragrollen der Seile. Das festliegende Adhäsionsseil wird in geraden Strecken einfach durch kleine horizontale Rollen getragen, wozu in den Curven noch verticale Leitrollen kommen. Diese Rollen haben nur ausnahmsweise einige Bewegung; ihr Durchmesser kann also sehr klein genommen werden.

Das Betriebsseil ruht auf sehr leichten Rollen, welche in den geraden Strecken vertical, in den Curven nach der Resultante der Kräfte schräg gestellt sind. Um diese Rollen so leicht und leichtgehend als möglich zu erhalten, sind sie nach dem Atwood'schen Prinzip gelagert. Sie sind auf geraden Strecken in Abständen von 10 Metern, in Curven in geringeren Abständen angebracht, und wiegen nur 25 bis 30 Kilogramme, sodaß sie keinen besondern Kostenaufwand verursachen.

Man könnte glauben, daß die große Geschwindigkeit des Betriebsseiles eine starke Abnutzung zur Folge haben müsse, indessen ist dies nicht der Fall. Wir haben oben bemerkt, daß man, wenn man dem Seile eine viermal so große Geschwindigkeit als dem Zuge ertheilt, damit ein achtmal so bedeutendes Gewicht aufwärts ziehen kann, als bei directem Zuge; die Agudio'sche Vorrichtung schleppt also bei einem Aufgange einen so starken Zug aufwärts, als eine gewöhnliche Seilebene bei 8 Zügen, und da das Seil bei jedem Aufgange die Länge der Seilebene vierfach zurücklegt, so hat es überhaupt einen halb so großen Weg gemacht, als das Seil einer gewöhnlichen Seilebene.

Es sind nun noch einige Worte über den Betrieb dieser Seilebene und über die Verfahrungsweise beim Uebergange eines Zuges von einer solchen schiefen Ebene auf eine zweite daranstoßende Seilebene zu sagen.

Der Seiltriebwagen befindet sich, wie schon erwähnt worden ist, beim Aufgange am Ende des Zuges. Kommt nun ein Zug am obern Ende der Rampe an, so wird er durch den Seiltriebwagen und die erlangte Geschwindigkeit auf ein Ausweichgeleis getrieben, wo ihn der Wagen verläßt, um denjenigen Zug, welcher hinuntergehen soll, zu erwarten. Stoßen mehrere Seilebenen aneinander, so soll längs des Ausweichgleises ein kleines, von den stationären Maschinen getriebenes Seil angebracht werden, welches den Zug bis an den Fuß der folgenden Seilebene zu führen haben würde.

Beim Niedergange befindet sich der Seiltriebwagen an der Spitze des Zuges und der Niedergang erfolgt durch die Wirkung der Schwere allein, während die Treibrollen ausgelöst sind. Um den Zug auf der schiefen Ebene erhalten zu können, sei es, um die Geschwindigkeit zu mäßigen, oder sei es irgend eines Unfalles wegen, stehen dem Maschinisten folgende Mittel zu Gebote:

1. zwei Bremse mit Backen, welche auf die Seiltrommeln wirken und den Zug vollständig festzuhalten vermögen; sie wirken im Falle eines Seilbruches selbstthätig, sodaß der Zug stehen bleiben würde, wenn das Betriebsseil beim Aufgange risse;
2. das Einrücken der Treibrollen, welches beim Niedergange ebenfalls wie ein Brems wirken und das Betriebsseil unbeweglich machen kann;
3. Rettungsbremse, wie diejenigen auf der Eisenbahn von La Croix Rousse, welche im Falle eines Bruches des Adhäsionsseiles die Sicherheit des Zuges garantiren würden.

Wenn man noch tiefer in die Details des Agudio'schen Projectes eindringen wollte, so würde man noch mehr Gelegenheit finden, sich von der Umsicht und Gewissenhaftigkeit des Erfinders, welche volles Vertrauen zu den praktischen Erfolgen des Systemes erweckt, zu überzeugen; aber unser Ziel ist erreicht, wenn wir durch die vorstehende Beschreibung der hauptsächlichsten Einrichtungen dieser neuen Art von Seilebenen im Stande gewesen sein sollten, eine deutliche Vorstellung dieser neuen Erfindung zu erzeugen und die hohen Erwartungen zu begründen, welche wir davon hegen.

Ehe ich hierauf eingehe, will ich noch kurz die Ergebnisse zusammenfassen, welche bei den im letzten Quartale des vorigen Jahres von den Commissionen angestellten Versuchen erzielt worden sind. Es sind folgende:

1. Die Uebertragung der Kraft erfolgt durch die beiden stationären, gleichzeitig auf verschiedene Trümmer des Seiles ohne Ende wirkenden Maschinen eben so regelmäßig, als ob eine einzige Maschine thätig wäre, und die Gleichzeitigkeit der Spiele der beiden Maschinen wird durch die Uebereinstimmung der von den Spielzählern an beiden Maschinen angegebenen Spielzahlen bewiesen.

2. Dadurch, daß die Kraft der Maschinen durch Adhäsion, deren Stärke durch directe Belastungs- oder Spanngewichte bestimmt wird, übertragen wird, ist einer Ueberschreitung der ursprünglich festgestellten Inanspruchnahme des Seiles vorgebeugt, selbst wenn der Zug ganz plötzlich in Gang gesetzt werden sollte.

3. Die Spannrollen erfahren während des Ganges kaum eine wirkliche Verschiebung, folglich findet in den beiden Seiltrümmern Gleichheit der Spannungen und Geschwindigkeiten statt und es tritt weder in den Kehlen der festen Treibrollen, noch in denjenigen des Seiltriebwagens ein Gleiten ein.

4. Man hat den Zug vollständig in der Gewalt und kann ihn auf der schiefen Ebene erhalten und wieder in

Gang setzen, ohne daß das Betriebsseil ein Bestreben zum Ausspringen aus den Leitrollen des Gleises zeige (selber in den Curven nicht), und ohne daß das Seil, welches während des Stillstandes in Bewegung bleibt, eine schädliche Verstärkung des Zuges erführe. Dies ist die Folge nachstehender drei Ursachen, nämlich a. des Gleitens der ineinander laufenden geschmierten Flächen der Kuppelung, b. des Gleitens des fraglichen Seiles in den Kehlen der Rollen des Seiltriebwagens und c. der in den vier Rollen, welche gewissermaaßen wie Schwungräder zu betrachten sind, angehäuften lebendigen Kraft.

5. Das Adhäsionsseil, welches um die beiden Trommeln doppelt umgeschlungen ist, hat niemals ein Gleiten in den Rinnen dieser Trommeln gezeigt, da die Spannung dieses Seiles durch den niedergehenden und in Folge der Bremsen an den Trommeln in seiner Geschwindigkeit moderirten Zug bewirkt wird.

6. Man kann auch leichtere Züge über die Seilebene führen, indem man blos die eine oder die andere der beiden Maschinen in Gang setzt.

7. Man würde es jederzeit erkennen, wenn eine unvorhergesehene Verstärkung der Widerstände während der Bewegung eines Zuges entstünde, indem das getheerte Hanfseil, womit die Kehlen der Rollen am Wagen ausgelegt sind, in diesem Falle unter der Einwirkung des darüber hingleitenden Seiles einen weißlichen, von der Verbrennung des Theeres herrührenden Rauch entwickeln würde; ein solcher Fall stark erhöhter Widerstände, welcher das Seil rasch hätte verderben können, zeigte sich bei einem Versuche, wo man den Zug bei zwei geschlossenen Bremsen aufwärts zog.

8. Der Nutzeffect des Systemes, reducirt auf den Kolben, hat sich bei Zügen von 142 Tonnen Gewicht auf 75 und im Mittel auf 65 Procent belaufen.

9. Die vergleichenden Versuche, welche zu Dusino sowohl mit dem Agudio'schen System der Seilebene, als mit direct vorgespannten Locomotiven abgeführt worden sind, haben Folgendes ergeben:

A. Versuche mit dem Apparat vor der Commission des Mailänder Institutes.

| | |
|---|---|
| Mittlere Spannung des Dampfes im Kessel | 85 Pfd. engl. |
| Gewicht des Zuges (ohne Seiltriebwagen) | 120 Tonnen. |
| Geschwindigkeit pro Stunde | 16 Kilometer. |

B. Versuche vor der Commission der Regierung. (Die Trommeln waren in Unordnung und es fand viel Reibung statt.)

| | |
|---|---|
| Mittlere Dampfspannung | 85 Pfd. engl. |
| Gewicht des Zuges | 126 Tonnen. |
| Geschwindigkeit des Aufganges pro Stunde | 8 Kilom. |

C. Versuche vor der englischen Commission. (Nach Reparatur des Apparates.)

| | |
|---|---|
| Mittlere Dampfspannung | 85 Pfd. engl. |
| Gewicht des Zuges | 142 Tonnen. |
| Geschwindigkeit pro Stunde | 13 Kilometer. |

D. Versuche vor der Commission der Regierung mit denselben, direct vor den Zug gespannten und durch Reparaturen zu einer höheren Dampfspannung eingerichteten Locomotiven.

| | |
|---|---|
| Constante Spannung in den Kesseln | 95 Pfd. engl. |
| Gewicht des Zuges | 134 Tonnen. |
| Geschwindigkeit des Aufganges pro Stunde | $7\frac{1}{4}$ Kilom. |

Letztere Versuche zeigen, daß in diesem Falle die Leistung eine viel niedrigere gewesen ist, als bei Anwendung derselben Locomotiven als stationäre Maschinen.

10. Endlich haben die drei Commissionen die Vortheile des angewendeten Systemes von Leitrollen hervorgehoben, durch welche die passiven Widerstände und die Seilabnutzung vermindert und die Instandhaltung und Schmierung dieser Rollen erleichtert werden.

Aus allem dem scheint uns nun hervorzugehen,

daß das Agudio'sche System die Anwendung längerer und steilerer schiefer Ebenen ermöglicht;

daß es die Sicherheit des Zuges erhöht, insofern das unbeweglich bleibende Adhäsionsseil eine größere Dauer besitzen wird und insofern es möglich ist, die Züge unabhängig vom Motor zu regieren;

daß es für schwerere Züge anwendbar ist;

daß es bei Steigungen, welche die gewöhnlichen Steigungen für den Locomotivbetrieb übersteigen, allen andern Betriebssystemen vorzuziehen ist, sowohl den Locomotiven, als den Seilebenen mit directem Zuge, vor welchen Letzteren es sich durch bessere Leistung und geringere Unterhaltungskosten auszeichnet, namentlich auch, weil es in gewissen Fällen die Anwendung hydraulischer Motoren, wenigstens für die am Fuße der Seilebene stehende Maschine gestattet;

daß es endlich die Anwendung weit stärkerer Curven, als bei den Seilebenen mit directem Zuge zuläßt.

Die Anwendung des Locomotivbetriebes ist nur bis zu einer gewissen Grenze der Steigung, über welche die Ingenieurs noch nicht ganz einig sind, zweckmäßig, und ich glaube, allen Seiten ziemlich gerecht zu werden, wenn ich sage, daß ein Locomotivbetrieb blos bis zu höchstens 60 Millimeter Steigung pro Meter und zwar nur auf kurze Längen und mit besondern Gebirgslocomotiven vortheilhaft sein kann.

Wollte man auf die Seilebenen das Prinzip der Kahnschleppvorrichtung oder irgend ein anderes auf eine Verstärkung der Adhäsion begründetes Verfahren anwenden, so

könnte die Steigung stärker, aber immer nicht um so viel stärker genommen werden, als man a priori glauben sollte. Bei 11 bis 12 Centimeter Steigung pro Meter würde der Apparat etwa im Stande sein, sich selbst hinauf zu bringen, d. h. bei einer so starken Steigung würde sehr wenig Arbeit disponibel bleiben und der Nutzeffect sehr niedrig ausfallen. Daher würde das Prinzip der Kahnschleppvorrichtung bei einer directen Anwendung auf das Emporschaffen von Zügen keine vortheilhafte Lösung geben.

Vergleicht man aber hiermit das Agudio'sche System, so sieht man, daß es auf zwei Prinzipien, dem Prinzip der Schleppvorrichtung und demjenigen des Fortschaffens durch eine stationäre Maschine beruht; es ist wenigstens eine Art Schleppvorrichtung, nur daß hier die Seiltrommeln den Zug begleiten und diesen ihre Bewegung von fern her mittelst einer stationären Maschine ertheilt wird.

Agudio's Erfindung ist geistreich und fruchtbar zugleich und wird ohne Zweifel den Seilebenen Eingang im Eisenbahnwesen verschaffen, namentlich aber eine wichtige Rolle spielen bei der Frage über die Ueberschreitung hoher Gebirge.

---

# Ueber den Tunnelbau.

Von

**W. Schleifenbaum**, aus Littfeld in Westphalen.

(Schluß.)

Hierzu Tafel 10.

---

## Praktische Notizen und Erfahrungsresultate.

### A. Ueber die Sprengarbeiten.

Das Abbohren der Sprenglöcher wird am besten mit Meiselbohrern verrichtet, von denen man dreierlei Arten unterscheidet, nämlich

einmännische Bohrer, welche ein $\frac{5}{8}$ bis 1" weites Loch
zweimännische „ „ „ 1 „ $1\frac{1}{3}$ „ „
dreimännische „ „ „ $1\frac{1}{2}$ „ $2\frac{1}{2}$ „ „

herstellen.

Einmännische Bohrlöcher nennt man diejenigen, welche ein Bergmann allein herstellt, wobei er im Allgemeinen so verfährt, daß er mit der linken Hand den Bohrer hält und dreht, während er mit dem rechten Arme ein mehrere Pfunde schweres Fäustel schwingt und damit auf den Bohrer schlägt.

Bei den zweimännischen Bohrlöchern sind zwei Leute thätig, wovon der Eine den Bohrer mit beiden Händen hält und dreht, während der Andere mit einem schweren Aufschlagfäustel auf das aus dem Loche hervorstehende Ende des Bohres (die Bahn) schlägt.

Das dreimännische Bohren wird nur bei sehr großen Sprengungen angewendet und hauptsächlich bei lothrechten Bohrlöchern, wo dann ein Mann den Bohrer führt und dreht, die beiden andern abwechselnd aufschlagen. In innigem Zusammenhang hiermit steht das Stoßbohren, wo zwei Mann den langen Bohrer anheben und fallen lassen, sodaß er durch den Stoß beim Niederfallen wirkt. Das Drehen wird beim Anheben mit bewirkt.

Bei den ein- und zweimännischen Löchern wendet man Bohrer von verschiedener Länge an, indem man zuerst nur einen kurzen, dann aber, wenn das Loch tiefer wird, längere Bohrer nimmt. Die Schneide des ersten oder Anfangsbohrers muß natürlich breiter gemacht werden, als diejenige der darauf folgenden Bohrer, weil sie sich an den Ecken abnutzt.

Auch beim dreimännischen Bohrer müssen die ersten 12 Zoll des Loches mit einem kürzeren Bohrer und mittelst Aufschlagen hergestellt werden.

Einmännische Bohrlöcher werden 1 bis 2, selten $2\frac{1}{2}$ Fuß tief gemacht, zweimännische 2 bis 5 und 6 Fuß, dreimännische sogar 6, 10, 12 und mehr Fuß tief hergestellt.

Bevor mit den Bohrern gearbeitet werden kann, muß in allen Fällen mit Schlägel und Eisen oder mittelst des Spitzbohrers an der Stelle, wo das Bohrloch hinkommen soll, eine kleine Vertiefung (Brust) hergestellt werden, in welcher der Bohrer fest fußen kann. Dann beginnt das Bohren mit dem kurzen Anfangsbohrer, welcher in der dem Loche zu gebenden Richtung und recht fest gegen das Gestein zu halten ist, wenn der Schlag gegeben wird. Nach jedem

Schlage müssen die Bohrer ein wenig gedreht (gesetzt) werden, damit die Schneide des Bohrers auf das Gestein im Grunde des Loches auf einer andern Stelle aufstoße. Die Größe der zu gebenden Drehung ist von der Beschaffenheit des Gesteins abhängig und nicht allgemein bestimmbar; bei weichem Gestein dreht man den Bohrer beispielsweise nach jedem Schlage etwa um $^1/_5$ des Kreises, bei festem Gestein um $^1/_3$ und holt die entstehenden Rippen nachher nach. Bei einiger Aufmerksamkeit wird der Arbeiter, welcher den Bohrer führt, rasch erkennen, um wieviel er ihn weiter rücken darf, ohne ein eckiges oder unrundes Loch zu bekommen, in welchem der Bohrer leicht fest wird; schwieriger ist dies in ungleichförmigem Gestein, welches harte und weiche Stellen enthält.

Wenn es angeht, so sucht man naß zu bohren, das heißt, Wasser in das Bohrloch zu gießen, weil dann die Schneide nicht so schnell stumpf wird und das aus dem zerstoßenen Gestein gebildete Bohrmehl in einen flüssigen Brei verwandelt wird, welcher weniger genirt, als trocknes Bohrmehl. Damit aber das in das Bohrloch gegossene Wasser nicht allzuschnell durch den darin bewegten Bohrer verdrängt und herausgespritzt werde, bedeckt der Häuer das Bohrloch gern mit einer Bohrscheibe, d. h. einer aus Leder, oder Pappe oder dünnem Brett geschnitten, im Mittel mit einem Loch versehenen, etwa 3 bis 4″ großen Scheibe, welche über den Bohrer geschoben wird und die Mündung des Bohrloches bedeckt. Etwas Wasser zum Nachgießen bewahrt der Häuer in einem hölzernen Bohrtroge, welchen er neben sich hinstellt.

Während des Bohrens entsteht im Bohrloche eine Anhäufung von trocknem Bohrmehl, oder wenn naß gebohrt wird, so bildet sich darin ein steifer Schlamm, welcher von Zeit zu Zeit entfernt werden muß. Hierzu bedient man sich eines Krätzers, d. i. eines starken Eisendrahtes von etwas mehr Länge, als das Loch Tiefe erhält, welcher an dem einen Ende mit einem seitweis angesetzten Scheibchen oder Schäufelchen, am andern Ende mit einem Ohr versehen ist. In Letzteres wird ein Stückchen aufgedrieseltes Seil oder dergleichen (der Bohrhader) eingezogen, welches zum Einfüllen von Wasser, aber auch zum Austrocknen des Loches benutzt wird. Wo man nämlich zum Eingießen des Wassers nicht ein besonderes Kuhhorn anwendet, da bedient man sich hierzu des Bohrhaders, welchen man in das Bohrtrögel eintaucht und ihn dann über dem Bohrloche so ausdrückt, daß das Wasser an dem noch im Loche steckenden Bohrer hinablaufen kann. Will man dagegen das Loch austrocknen, so wickelt man den Hader um den Krätzer und wischt mit dem so erhaltenen Pfropfen das Loch aus.

Diese letztere Arbeit, das Austrocknen, darf nie versäumt werden, wenn man mit dem Abbohren des Loches fertig geworden ist und zum Besetzen desselben übergehen will, da das Pulver weit schlechter wirkt, wenn es auch nur an der Außenfläche feucht geworden sein sollte. In Ermangelung eines Bohrhaders wirft man wohl auch trocknen Lehm, zerstampfte Ziegelbrocken und dergleichen in ein auszutrocknendes Bohrloch und zieht es mit dem Krätzer wieder heraus, wenn es die Feuchtigkeit angesogen hat, worauf dann noch ein Paar Schläge trocken gebohrt werden, damit das entstehende Bohrmehl den Rest der Feuchtigkeit aufsauge.

Ist nun das Bohrloch gehörig ausgetrocknet, so wird die Pulverfüllung eingebracht, was vorschriftsmäßig nur in Papierpatronen geschehen soll, damit nicht durch das an den Wänden des Bohrloches hängen bleibende Pulver ein Unglück herbeigeführt werde, was aber freilich von den Arbeitern bei nach unten gerichteten Bohrlöchern nicht selten durch directes Einschütten geschieht. Hieran ist nicht blos eine tadelnswerthe Bequemlichkeit Schuld, sondern die Ueberzeugung, daß das in Patronen gefaßte Pulver weniger gut wirke, als das frei in das Loch geschüttete Pulver. Da nämlich die Patronen selten genau in das Loch passen werden, so kann man in ein Bohrloch mehr Pulver schütten, wenn man es direct, ohne Patrone einfüllt und man verliert also durch die Patrone immer etwas an Lochtiefe.

Die Entzündung des Pulvers geschieht beim Eisenbahnwesen jetzt größtentheils mittelst Zündschnur und es muß dabei darauf geachtet werden, daß die Schnur richtig angebracht wird. Man schüttet gewöhnlich zuerst ein Paar Zoll Pulver in das Loch und schiebt nun ein Stück Zündschnur, welches 10 bis 12″ mehr Länge, als das Loch tief ist, besitzt und unten umgebogen ist, so in das Loch, daß es an der Wand anliegt, mit dem unteren Ende aber auf dem Pulver aufsitzt und bis in die Axe des Loches reicht (Fig. 12 auf Taf. 10). Hierauf wird das übrige Pulver eingeschüttet und auf dieses ein Papierpfropf a hinabgeschoben, wobei man die Zündschnur gespannt halten muß, damit sie nicht mit in's Loch gezogen wird. Die weitere Ausfüllung (Besatz) des Bohrloches geschieht durch eingestampften Lehm oder Ziegelmehl, seltener Sand. Der Lehm wird, nachdem er von allen größeren Kiesstückchen gereinigt ist, in 2 bis 3 Zoll lange wurstartige Wolger (Fig. 13) geformt und stückchenweise in das Bohrloch geschoben und darin fest gestampft, wobei jedoch dafür Sorge getragen wird, daß die ersten Besatzpfropfen nicht zu scharf gestampft werden. Diese Arbeit kann sehr gefährlich werden, wenn das zum Besetzen verwendete Material scharfe Kiesbrocken enthalt und diese mit dem Stampfer (einem cylindrischen Instrumente, welches an der einen Seite eine Einkehlung hat, in welcher die Zündschnur liegen kann) oder am Gestein Feuer reißen, weshalb man die Stampfer besser von Kupfer oder Holz, als von Schmiedeeisen anfertigt.

Das über das besetzte Bohrloch herausragende Ende

der Zündschnur dient nun zur Entzündung der Ladung, indem diese Schnur im Innern mit Pulver gefüllt ist, welches langsam und regelmäßig abbrennt. Da man genau weiß, mit welcher Geschwindigkeit das Feuer in der Zündschnur fortschreitet, so kann man auch beurtheilen, wieviel Zeit bei einem bestimmten Bohrloche zwischen dem Anstecken und der Explosion verstreichen werde, und da man andrerseits weiß, wieviel Zeit erforderlich sein kann, damit derjenige Arbeiter, welcher das Anstecken der Zündschnur zu besorgen hat, sich aus dem Bereiche der Explosion zurückziehen könne, so wird man hiernach bestimmen müssen, wie lang die Zündschnur zu nehmen ist. Sind, wie gewöhnlich, mehrere Löcher auf einmal anzustecken, so müssen diejenigen Löcher, welche vom Zufluchtsorte am weitesten entfernt sind und zuerst angesteckt werden, die längste Zündschnur erhalten.

Die Anwendung der elektrischen Zündung ist beim Tunnelbau immer noch zu selten, mir wenigstens in meiner Praxis noch nicht vorgekommen, so daß dieselbe nicht zu beschreiben nöthig ist; sie dürfte sich aber gerade zu diesem Zwecke ganz besonders eignen, da ein möglichst gleichzeitiges Explodiren der Bohrlöcher gewiß oft den Erfolg erhöhen, und bei dieser Methode der Zündung die Verschlechterung der Luft durch die verbrennende Zündschnur wegfallen würde. Bei dieser Zündungsmethode fällt alle Gefahr weg.

Nachdem im Vorstehenden im Allgemeinen das bei der Sprengarbeit zu befolgende Verfahren beschrieben worden ist, wäre es nun an der Zeit, Vorschriften darüber zu geben, wo ein Bohrloch am zweckmäßigsten anzusetzen, wie tief es zu machen, wie viel demselben vorzugeben, wie viel Pulver zu nehmen sei, um einen gewissen Erfolg zu erzielen u. s. w.; aber leider sind die Erfolge bei der Sprengarbeit von so außerordentlich vielen Umständen abhängig, daß sich allgemein gültige Regeln noch nicht haben ableiten lassen.*) Zunächst macht es nämlich bezüglich des Wurfes, d. h. der durch die Explosion gewonnenen Masse Gestein, einen großen Unterschied, ob die loszusprengende Masse von allen, oder von zwei oder drei Seiten frei ist, oder ob sie ganz gespannt steht, und es ist einleuchtend, daß der Erfolg ein um so besserer sein wird, je mehr freie Seiten vorhanden sind. Von großem Einflusse ist weiter die Beschaffenheit des Gesteines, ob dasselbe massig und gleichförmig, oder schiefrig und klüftig ist; denn wenn es im ersteren Falle fast gleichgültig ist, in welcher Richtung ein Bohrloch niedergestoßen wird, so ist es bei geschichteten Gesteinen durchaus nicht gleichgültig, ob man das Bohrloch parallel zu den Schichten und Trennungsklüften, oder rechtwinklig dazu ansetzt, weil der Zusammenhang derartiger Gesteine nach verschiedenen Richtungen ein verschiedener ist. Treten nun außerdem noch besondere Gesteinsklüfte mit in's Spiel, so werden die Combinationen immer schwieriger, es wird wenigstens immer schwieriger, mit Worten auszudrücken, wie man am besten zu verfahren habe, wenn auch der erfahrene Häuer meist ohne langes Prüfen, gewissermaaßen instinctmäßig, das Richtige trifft. Ich kann daher hier nicht mehr bieten, als einige ziemlich allgemeine Bemerkungen.

*) Vergl.: Gurlt, Beobachtungen über die Theorie des Sprengens" im 1. Bande dies. Zeitschr. S. 238 flgde. D. Red.

Wenn man einen Ortsstoß aus dem Frischen angreift, so sucht man unter Berücksichtigung der vorhandenen Schichtung und Zerklüftung erst durch ein Paar passend angesetzte Bohrlöcher eine Vertiefung (Einbruch, Vorbruch) herzustellen, welche insofern eine Erleichterung für die weitere Gewinnung gewährt, als sie für den Nachbruch mindestens eine freie Seite bloslegt. Für das Ansetzen der übrigen Löcher hat man etwa übersetzende Klüfte und Ablosungen zu beachten; man darf die Löcher nicht so tief machen, daß Klüfte durch dieselben hindurchsetzen, weil das Gestein bei solchen Klüften abhebt, also der dahinter befindliche Theil des Loches keinen Nutzen schafft. Aber, wenn auch keine Klüfte vorhanden sind, muß man doch die Tiefe des Loches der Festigkeit anpassen, denn ist das Loch zu tief, so ist zu befürchten, daß das Pulver bei der Explosion nur im Tiefsten des Loches Klüfte reißt, ohne eine Zertrümmerung des Gesteines zu bewirken. Auch die Ladung darf nicht zu groß sein, weil alsdann bei starker Vorgabe leicht der Besatz herausgeworfen oder eine überflüssige Zerkleinerung des Gesteins bewirkt wird, während doch der Hauptzweck der Sprengarbeit nicht die Zerkleinerung, sondern vielmehr blos die Zersprengung und Zerrüttung des Gesteines ist.

Im Allgemeinen rechnet man auf ein einmännisches Bohrloch soviel Pulver, daß es etwa auf den dritten Theil der Tiefe damit gefüllt ist, also 5 Loth bis 1/4 Pfund, auf ein zweimännisches Bohrloch 1/2 bis 2 1/2 Pfd. und auf ein dreimännisches 5 bis 8 Pfd. Pulver, ebenso viel auf ein Stoßbohrloch.

Die durch einen Schuß zu lösende Masse beträgt unter günstigen Verhältnissen bei einmännischen Löchern bis 15 Cubikfuß, bei zweimännischen gegen eine Schachtruthe, bei dreimännischen auch wohl mehrere Schachtruthen.

### B. Abhängigkeit der Leistung beim Tunnelausbruch von der Richtung der Gebirgsschichten.

Es wurde bereits bemerkt, daß die Wirkung eines Bohrloches sehr davon abhängig sei, welche Richtung es gegen die Gebirgsschichten habe; es kann daher auch erwartet werden, daß die Leistung beim Tunnelausbruch davon abhängig sein wird, in welcher Richtung ein Tunnel die Gebirgsschichten zu durchbrechen hat. Ist das Gebirge gar

nicht geschichtet und auch nicht regelmäßig zerklüftet, so wird natürlich auch der Tunnelausbruch nach jeder Richtung hin mit gleicher Leichtigkeit vorgenommen werden können, ebenso wenn die Gebirgsschichten ganz horizontal liegen.

Da mir nun nicht bekannt geworden ist, daß über diese Einflüsse bereits anderswo Mittheilungen veröffentlicht worden seien, während ihre Kenntniß doch von großem praktischen Nutzen für den Tunnelbau und für die Ausführung großer Einschnitte ist, so erlaube ich mir im Nachstehenden meine bezüglichen Beobachtungen, welche hauptsächlich beim Baue der Ruhr-Sieg-Eisenbahn im Grauwackengebirge zwischen Sieg und Altena gesammelt worden sind, bekannt zu geben, indem ich hierdurch andern Ingenieurs zu weiteren Beobachtungen und deren Veröffentlichung zu veranlassen hoffe.

Man kann im Allgemeinen nachstehende acht Fälle der gegenseitigen Richtung zwischen einem Stolln und der Schichtung des Gebirges unterscheiden, und zwar:

1. wenn die Schichten vom Stolln quer durchbrochen werden und nach der Stollnmündung einfallen, wie es bei A in Fig. 4 auf Taf. 10 zu ersehen ist. Das günstigste Verhältniß ist dann dasjenige, wo die Schichten unter einem Winkel von 45° einfallen, weil in diesem Falle die Bohrlöcher quer gegen die Schichten zu stehen kommen und am bequemsten abgebohrt werden können, zugleich aber auch den günstigen Effect geben;

2. wenn die Schichten vom Stolln quer durchbrochen werden, aber vom Mundloche abfallen, wie bei B in Fig. 4 zu ersehen ist;

3. wenn die Richtung des Stollns mit dem Streichen der Schichten ungefähr einen Winkel von 45° bildet und die Schichten dem Mundloche so zufallen, daß eine auf der Schichtungsebene gezogene Falllinie dem vordringenden Bergmanne zu rechter Hand liegt. (Vergl. den Grundriß Fig. 5 bei A, wo durch den Pfeil die Einfallrichtung angedeutet wird);

4. wenn die Stollnrichtung mit der Streichrichtung denselben Winkel einschließt, die Schichten aber dem Bergmann entfallen, so daß die Fallrichtung sich nach links wendet. (Vergl. Fig. 5 bei B);

5. wenn die Stollnrichtung das Streichen ebenfalls schräg durchschneidet und die Schichten dem Bergmann derartig zufallen, daß die Fallrichtung sich nach links wendet (Fig. 6 bei A);

6. wenn der Durchbruch in derselben Weise schräg erfolgt, aber wie vor dem Gegenorte des vorigen Falles, also so, daß die Schichten dem Bergmanne entfallen und die Fallrichtung sich nach rechts wendet (Fig. 6 bei B);

7. wenn die Stollnrichtung mit der Streichrichtung zusammenfällt. Das Einfallen der Schichten kann horizontal oder vertical oder beliebig schräg sein, was keinen merklichen Unterschied in der Leistung verursacht (Fig. 7);

8. wenn der Stolln die Schichten quer durchörtert, diese aber auf dem Kopfe stehen, d. h. ein verticales Fallen besitzen (Fig. 8).

Zwar sind mir nicht alle diese verschiedenen Verhältnisse in meiner Praxis vorgekommen, ich habe indessen meine eigenen Erfahrungen aus weiteren Notizen ergänzt und glaube, daß nachstehende Ziffern das richtige Verhältniß zwischen den Leistungen ausdrücken oder der Wahrheit mindestens sehr nahe kommen.

Setzt man die Leistung im ersten Falle = 1,000,
so beträgt dieselbe im zweiten Falle $^5/_8$ = 0,625
" " " " dritten " $^7/_8$ = 0,875
" " " " vierten " $^9/_{16}$ = 0,562
" " " " fünften " $^{11}/_{16}$ = 0,688
" " " " sechsten " $^1/_2$ = 0,500
" " " " siebenten " $^{21}/_{32}$ = 0,656
" " " " achten " $^3/_4$ = 0,750.

Diese Uebersicht zeigt, von welchem Einflusse die Lagerungsverhältnisse auf die Schnelligkeit des Vorrückens des Stollnausbruches sind, und wie wichtig es daher ist, die Lagerungsverhältnisse vor Aufstellung eines Projectes gründlich zu untersuchen.

Eine ungünstige Richtung der Schichten vermindert aber nicht nur den Fortschritt, sondern es erhöhen sich dadurch auch die Gewinnungskosten oder der Lösepreis, sowie sämmtliche Unkosten, als Schmiedekosten, Pulververbrauch u. s. w.

Die vorstehende Scala kann dazu benutzt werden, um nach den Erfahrungen, welche man bei einem andern in demselben Gestein aufgefahrenen Stolln gemacht, die Kosten für ein vorliegendes Project zu veranschlagen, wenn Letzteres auch unter abweichenden Lagerungsverhältnissen auszuführen wäre; indessen soll hiermit nicht behauptet werden, daß jeder derartige Anschlag zutreffen müsse, denn einmal ist bei großen Tunneln das Gestein und seine Schichtung meistentheils durchaus nicht gleichförmig, es treten vielmehr stets mehr oder weniger erhebliche Veränderungen ein, welche theils vortheilhaft, theils nachtheilig für den Betrieb sind, und dann kann auch durch vermehrte Feuchtigkeit oder trägen Wetterwechsel und dergleichen die Gewinnung sehr wesentlich erschwert werden, und diese Umstände lassen sich niemals vorhersehen.

Besondere Beachtung verdient die gehörige Benutzung der Schichtungsverhältnisse bei dem Betrieb größerer Tunnel nicht nur in der Beziehung, daß sehr häufig die Leistung vor den Gegenörtern eine ganz andere ist, als vor dem Hauptorte, wie dies z. B. die Vergleichung der Fälle eins und zwei, und ebenso der Fälle 3 und 4 beweist, sondern auch in Bezug auf die Anlegung von Hilfsschächten.

Derartige Schächte werden bekanntlich abgeteuft, um mehr Angriffspunkte für einen Tunnelbetrieb zu gewinnen, und man muß oft aus Rücksichten auf die Wetter- und Wasserbewältigung darnach trachten, sie sämmtlich gleichzeitig zum Durchschlag zu bringen. Dies wird man aber nicht erreichen, wenn man die Schachtabstände nicht mit Rücksicht auf die mehrere oder mindere Leichtigkeit des Betriebes vor den Gegenörtern bemessen hat. Geht z. B. ein Tunnel quer durch die Schichten und fallen diese dem Hauptorte zu, so wird dieses in gleicher Zeit 1,6 mal soweit ins Feld gebracht werden können, als sein Gegenort, und die beiden Oerter werden also nicht in der halben Länge des Tunnels zum Durchschlag kommen, sondern bei $^8/_{13}$ der Länge vom Mundloche des Hauptortes aus gerechnet.

Bei großen Felseinschnitten wird es sich ebenfalls geziemen, den Angriff auf derjenigen Seite, wo er leichter ist, mehr zu forciren, z. B. der Einschnitt in Fig. 9 auf Tafel 10 ist auf der Seite B stärker zu belegen, als auf der Seite A.

Um auch bei A eine leichtere Gewinnung zu erhalten, muß man bei C die Bänke in der angedeuteten Weise frei legen und dann mit großen, quer gegen die Schichten gerichteten Bohrlöchern angreifen. Senkrechte Bohrlöcher würden hier einen weit geringeren Effect haben, weil die Vorgabe im Tiefsten des Loches zu stark wird. Ueberhaupt ist es niemals vortheilhaft, senkrechte Wände zu schießen.

Es dürfte hier der Ort sein, noch einige Worte über die Tunneleinschnitte zu sagen. Man geht neuerdings von dem richtigen Gesichtspunkte aus, dieselben nicht zu lang zu machen, und sie sind in der That in geschichtetem Gebirge jederzeit möglichst zu vermeiden, weil sie vielerlei Rutschungen verursachen. Durch Einschnitte wird nämlich dem Gebirge allemal der Fuß geraubt, wenn nicht der im Allgemeinen seltene Fall eintritt, daß die Gebirgsschichten quer durchschnitten werden und zugleich nach dem Tunnel einfallen, wie es in Fig. 14 auf Taf. 10 dargestellt ist.

Indessen können längere Einschnitte geboten sein, wenn vor den Tunnelmündungen große Dammschüttungen nöthig werden und die hierzu erforderlichen Erdmassen billiger aus dem Einschnitt, als durch Seitenentnahme zu beschaffen sind.

Auch bei den Tunnels wird es sich aus Rücksicht auf die Festigkeit empfehlen, sie rechtwinkelig gegen die Schichten zu treiben, indem in diesem Falle der Ausbau und die Ausmauerung schwächer genommen werden können. Aus derselben Rücksicht wird man dem Tunnelprofil eine gewölbartig geschlossene Form zu geben haben. Bei ungeschichtetem, massigem Gebirge braucht man diese Rücksichten nicht zu nehmen, wogegen bei horizontaler Lage der Schichten das Querprofil mit Vortheil spitzbogenförmig zu nehmen sein wird.



### C. Ueber die Größe der Angriffsfläche.

Es ist eine beim Bergbau längst nachgewiesene Thatsache, daß die Gewinnungskosten (innerhalb gewisser Grenzen) sich bei größeren Angriffsflächen niedriger herausstellen, als bei kleineren, was wohl darin seine Erklärung findet, daß das Gestein vor einem engen Ortstoße viel gespannter steht, als vor einem weiteren, der Wurf also schlechter ist, und daß die Bergleute in weiteren Bauen mehr Kraft entwickeln können, als in solchen Bauen, welche sie in der Arbeit beengen.

Demgemäß wird es auch beim Tunnelbau, wenigstens in solchem Gebirge, welches ohne künstliche Unterstützung gelassen werden kann, zweckmäßiger sein, statt der jetzt häufig angewendeten, nur 6 bis 8 Fuß hohen und 8 Fuß weiten Richtstölln sogleich das ganze Oberprofil auf 9 Fuß Höhe anzugreifen. Hierfür sprechen auch die Erfahrungen, welche beim Bau des Altenaer Tunnels auf der Ruhr-Sieg-Eisenbahn gemacht wurden. Es stellte sich nämlich hier heraus, daß beim Angriff des ganzen Oberprofiles nicht nur der Lösepreis ein geringerer war, sondern sogar bessere Fortschritte gemacht wurden, als beim Betrieb eines 6′ hohen und 8′ weiten Richtstollns. Es betrugen nämlich in fester Grauwacke die Kosten der Lösegelder pro laufenden Fuß (gleich 48 Cubikfuß):

beim Betriebe mit Richtstolln (Fig. 10 auf Taf. 10)

für den Ausbruch des Richtstollns . . 10 Thlr. 25 Sgr.
für das Gegenort bei 9′ Höhe und 26′ Sohlenbreite (129 Cubikfuß) à Schachtruthe 19 Thlr. . . . . . . . . 17 „ 1 „

zusammen für 129 + 48 Cubf. = 1 Schachtruthe 33 Cubf. = 27 Thlr. 26 Sgr.

beim Betrieb ohne Richtstolln (Fig. 11 auf Taf. 10)

für den Ausbruch des Oberprofiles (1 Schachtruthe 33 Cubf.) 26 Thlr. 20 Sgr.

woraus sich bei letzterer Modalität eine Ersparniß von 1 Thlr. 6 Sgr. pro laufenden Fuß ergiebt.

Indessen wird die Höhe von 9 Fuß gerade die passendste für den Angriff des Oberprofiles sein, da sie auf der einen Seite den Bergleuten einen bequemen Angriff bietet, ohne einen hohen Gerüstbau für die Gewinnung der Firste zu verlangen, und andrerseits doch den größten Theil des Profiles für das Unterprofil übrig läßt, dessen Gewinnung im Allgemeinen eine bequemere und billigere ist. In fester Grauwacke kommt z. B. der Lösepreis für die Schachtruthe nicht über 8 Thlr. zu stehen.

Daß die Gewinnung des Oberprofiles ohne Richtstolln billiger zu stehen kommt, als mit Richtstolln, ist mit darin begründet, daß man im ersteren Falle zum großen Theil zweimännische Bohrlöcher anwenden kann, deren Effect ein

viel höherer ist, als derjenige der einmännischen Bohrlöcher, auf welche man beim Betriebe eines engen Richtstollns gewiesen ist. Außerdem ist es aber auch nicht gering anzuschlagen, daß in solchen weiten Räumen die Ventilation viel besser ist, die Bergleute also bei der Arbeit weniger angestrengt und ermattet werden, als in engen Räumen, wo sich der die Lunge sehr angreifende Pulverdampf und Lichterschwaden länger verhält und ein viel spärlicher Zutritt von frischer Luft stattfindet. Daß andrerseits der Tunnelbetrieb ohne Richtstolln rascher fortschreitet, als derjenige mit Richtstolln, liegt darin, daß man das Oberprofil ohne Schwierigkeit mit 9 Mann belegen kann, während vor dem Stollnorte mit Vortheil nicht mehr als 3 Mann arbeiten können.

### D. Ueber die Stärke der Belegung und die Schichtzeit.

Von großem Einflusse auf die Schnelligkeit des Betriebes und die Kosten ist der zuletzt erwähnte Punkt, nämlich die Stärke der Belegung, d. h. die Zahl Arbeiter, welche gleichzeitig vor einem Orte beschäftigt werden kann. Es hängt dieselbe natürlich von der Größe der Angriffsfläche ab. Bei Grubenstölln, welche etwa $3^1/_2$ bis 4′ weit und 6 bis 7′ hoch sind, können mit Vortheil nur 2, bei weiteren Stölln 3 Mann gleichzeitig vor Ort arbeiten. Bei den Tunnelbetrieben tritt aber sehr häufig die Beschleunigung des Baues als erste Rücksicht in den Vordergrund, da von der Vollendung eines Tunnels nicht selten die Inbetriebnahme großer Eisenbahnen allein abhängig ist; daher wird hier bezüglich der Stärke der Belegung ein anderer Maaßstab angelegt und man steigert dieselbe im Allgemeinen so lange, als sich noch eine Steigerung der Leistung bemerken läßt.

Ich kann hierüber folgende Notizen mittheilen:

Beim Naenser Tunnel betrug die Belegung des mit 10′ lichter Weite und 7′ lichter Höhe im Muschelkalk getriebenen Sohlenstollns anfangs 2, dann 3 und zuletzt 4 Mann, wobei in 14 Tagen (bei achtstündigen Schichten und Tag- und Nachtbetrieb) der Fortschritt resp. 21, 28 und 32 Fuß braunschweigisch betrug. Diese Ziffern zeigen, daß der Fortschritt pro Mann immer geringer ausgefallen ist, je stärker die Belegung war, man hatte aber nur die Beschleunigung des Unternehmens im Auge und steigerte sie dennoch. Eine noch größere Verstärkung der Belegung würde jedoch keinen Nutzen gehabt haben, weil sich die Bergleute gegenseitig im Wege gewesen sein würden; sie waren sich ohnehin schon hinderlich und es mußten deshalb höhere Accordpreise gezahlt werden, sodaß bei der stärkeren Belegung der laufende Fuß in doppelter Beziehung höher zu stehen kam.

In solch einem Falle wäre vielleicht mit Vortheil eine kürzere Schichtzeit, z. B. eine sechsstündige, zu versuchen gewesen, da alsdann in einem Tage (anstatt 12) 16 Arbeitsschichten hätten verfahren werden können.

Die Frage über die zweckmäßigste Dauer der Arbeitszeit ist überhaupt sehr wichtig und dürfte kaum ganz allgemein beantwortet werden können. Bei der einen Arbeit kann eine zwölfstündige, bei der andern eine achtstündige Schichtzeit den Vorzug verdienen und es muß hierüber wohl der Versuch entscheiden, indessen wollen wir einige der wichtigsten Gesichtspunkte hervorheben, welche hierbei in Frage kommen.

Eine Arbeitszeit von 12 Stunden erscheint für solche Arbeiten angemessen, bei denen gewisse Ruhepausen vorkommen und nicht eine ununterbrochen angestrengte Thätigkeit gefordert wird, z. B. bei der Förderung, welche sich nach dem Gange der Maschine richtet, und bei welcher während des Ausstürzens und Aufladens und während der Rückfahrt einige Minuten Zeit zur Erholung gegeben sind. Wird aber eine möglichst energische Thätigkeit verlangt, so kann man nicht annehmen, daß der Arbeiter eine solche länger als 8 Stunden hintereinander zu leisten im Stande sei, während er in dieser Zeit bei gehöriger Anspannung seiner Kräfte ebenso viel Arbeit zu verrichten im Stande sein wird, als ob er 12 Stunden hindurch bei dieser Arbeit bliebe. Wird ihm eine zwölfstündige Arbeitszeit angesonnen, so muß er seine Anstrengung so mäßigen, daß er dieselbe 12 Stunden lang auszuüben im Stande ist, weil er sonst jedenfalls unterliegen müßte.

Demgemäß dürfte für die bergmännischen Arbeiten eine Schichtzeit von 8 Stunden die angemessenere sein. Bei dem gegenwärtig im Bau begriffenen Altenbecker Tunnel wendete man sogar eine 6stündige Schichtzeit an, um noch rascher zum Durchschlag zu gelangen.

Zum Beleg der vorstehenden Behauptung führe ich eine Erfahrung an, welche ich bei der Getriebezimmerung auf einem Stolln zu machen Gelegenheit hatte. Es wurden hier bei 12stündigen Schichten und 3 Mann Belegung während Tag und Nacht in 14 Tagen durchschnittlich 20 Fuß vollendet; als man aber die Schichtzeit auf 8 Stunden reducirte, so wurde in derselben Zeit und mit derselben Belegung in der Schicht die Hälfte mehr, nämlich 30 Fuß, geleistet, ohne daß die Kosten sich höher herausgestellt hätten.

Man darf übrigens auch nicht glauben, daß zwischen einer 12stündigen und einer 8stündigen Arbeitszeit ein Unterschied von 4 Arbeitsstunden vorhanden sei, derselbe beträgt vielmehr eigentlich nur 2 Stunden. Denn bei der 8stündigen Schicht ist nur eine Unterbrechung oder Pause (Brotschicht) von 10 bis 15 Minuten gestattet, während bei einer 12stündigen Schicht zu Mittag 1 Stunde, zum Frühstück und Vesper aber je $^1/_2$ Stunde ausgesetzt und die Zeit zum Ein- und Ausfahren mit eingerechnet wird.

## E. Unkosten für Schmiedearbeit, Pulver, Zündschnur u. s. w.

Nach demjenigen, was unter B über die Abhängigkeit der Leistung von der Richtung der Gebirgschichten gesagt worden ist, braucht hier nicht specieller darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß die Kosten für Schmiedearbeit, Pulver und sonstige Schießutensilien sehr von der Gebirgsbeschaffenheit abhängig sind, weil es einleuchtend ist, daß diese Kosten mit der Zahl der zu schlagenden Bohrlöcher in gleichem Verhältniß wachsen. Bei ungeschichtetem oder Massengebirge stehen dagegen letztere Kosten in einer bestimmten Beziehung zum Lösepreise, weil der Pulververbrauch die Schmiedekosten u. s. w. nur von der Zahl der geschlagenen Löcher und der Festigkeit des Gesteins abhängig sind, die Leistung der Bohrlöcher aber durchschnittlich dieselbe bleibt, also auf eine gewisse gewonnene Masse auch durchschnittlich eine gleiche Zahl von Bohrlöchern kommt.

Zur näheren Erläuterung dieser Verhältnisse führe ich aus den von mir gesammelten Notizen nachstehende Kostenzusammenstellung über den in Melaphyr und Mandelstein getriebenen Mausenmühlen-Tunnel in der Rhein-Nahe-Bahn an.

Der Bau wurde in den Jahren 1858 und 1859 ausgeführt, in welchen folgende Preise galten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Schichtlohn für Häuer und Zimmerhäuer | 28 Sgr. | — Pf. | | |
| desgl. für Bohrträger | 12 „ | — „ | | |
| Accordpreis für das Zersprengen der im Unterprofil gelösten großen Blöcke | 26 „ | — „ | | |
| Tagelohn beim Zerkleinern solcher Blöcke mittelst Keilhaue und schwerer Hämmer | 17 „ | — „ | | |
| Preis für 1 Pfd. Pulver | 5 „ | — „ | | |
| „ „ 1 Fuß Zündschnur | — „ | 4 „ | | |
| Schmiedelohn für das Schärfen eines Gußstahlbohrers | — „ | 8 „ | pro Stück, | |
| desgl. für d. Abschweißen d. Bohrer | — „ | 5 „ | „ | |
| desgl. für das Zusammenschweißen der Bohrer | 2 „ | 6 „ | „ | |
| desgl. für das Verstählen der Keilhauen | 5 „ | — „ | „ | |
| desgl. für das Schärfen derselben | — „ | 6 „ | „ | |
| desgl. für das Verstählen der Treibefäustel | 4 „ | — „ | pro Bahn, | |
| desgl. für das Zusammenstauchen der Treibefäustel | 2 „ | 6 „ | „ | |
| Preis pro Pfd. Bohrergußstahl | 6 „ | — „ | | |
| Kosten für Beaufsichtigung (Steiger und Oberhäuer) | 1½ Procent. | | | |

Ebenso wie die Kosten für Beaufsichtigung sind im Folgenden auch sämmtliche Kosten für Materialien und Geräthe auf Procente der Lösegelder (Lohn der Häuer, Tagelöhner und Bohrträger) reducirt, wobei auch die Abnutzung der Gezähe mit inbegriffen, die Förderung aber unberücksichtigt geblieben ist.

Zur Gewinnung der Massen war durchgängig Sprengarbeit erforderlich und der Betrieb in zwei Etagen getheilt. Hiervon enthält das 11′ hohe und über die ganze Weite reichende Oberprofil (Fig. 11) 240 Quadratfuß, das $14{,}587$ Fuß hohe Unterprofil aber $435\frac{11}{24}$ Quadratfuß Fläche; jenes giebt also pro laufenden Fuß $1{,}68$, dieses $3{,}1$ Schachtruthen Masse.

Bei der westlichen Mündung des Tunnels wurde das Oberprofil in der Zeit vom 1. August bis letzten December 1858 um 96 Fuß vorgetrieben und es kostete im Accord der laufende Fuß

| | Thlr. | Sgr. | Pf. | Proc. |
|---|---|---|---|---|
| an Lösegeldern | 20 | 15 | — | |
| an Pulver | 2 | 26 | — | = 14 Proc. |
| „ Schmiedekosten | 2 | 19 | 11 | = 13 „ |
| „ Zündschnur | — | 9 | 2 | = 1½ „ |
| „ Beaufsichtigung | — | 9 | 2 | = 1½ „ |
| | 6 Thlr. | 4 Sgr. | 3 Pf. | |
| incl. aller Unkosten also | 26 Thlr. | 19 Sgr. | 3 Pf. | |

Was zweitens das Unterprofil anlangt, so wurden in der Zeit vom 1. September bis letzten December 1858 davon 118 laufende Fuß in vollständigem Ausbruch hergestellt, wobei

| | Thlr. | Sgr. | Pf. |
|---|---|---|---|
| an Häuerlöhnen | 1598 | 12 | — |
| „ Tagelöhnen | 346 | 24 | — |
| „ Bohrträgerlöhnen | 49 | 6 | — |
| in Summa | 1994 Thlr. | 12 Sgr. | — Pf. |

aufgewendet wurden. Hiernach betrugen die Ausbruchkosten für den laufenden Fuß des Unterprofiles:

| | Thlr. | Sgr. | Pf. | Proc. |
|---|---|---|---|---|
| an Lösegeldern | 16 | 27 | — | |
| an Schmiedelöhnen | — | 25 | 3 | = 5 Proc. |
| „ Pulver | 3 | 1 | 3 | = 18 „ |
| „ Zündschnur | — | 20 | 3 | = 4 „ |
| „ Beaufsichtigung | — | 7 | 7 | = 1½ „ |
| überhaupt aber | 21 Thlr. | 21 Sgr. | 4 Pf. | |
| Rechnet man nun hierzu den Betrag für den Ausbruch des Oberprofiles | 26 „ | 19 „ | 3 „ | |
| so erhält man als Kostenaufwand für den lauf. Fuß des Vollprofiles | 48 Thlr. | 10 Sgr. | 7 Pf. | |

Auffallend ist der sehr beträchtliche Unterschied zwischen den Schmiedekosten im Ober- und im Unterprofile; derselbe erklärt sich jedoch dadurch, daß das Oberprofil größtentheils

in festem Melaphyr, das Unterprofil fast nur in Mandelstein aufzufahren war. Im Ganzen standen damals die Preise höher als heutzutage, wo man unbedenklich folgende Sätze annehmen kann:

### Schmiedelöhne und diverse Materialien.

| | Sgr. | Pf. |
|---|---|---|
| Einen einmännischen Meiselbohrer zu schärfen und an der Bahn zu schweißen | — | 3 |
| einen dergl. zweimännischen | — „ | 5 „ |
| zwei einmänn. Bohrer zusammenzuschweißen | 1 „ | — „ |
| zwei zweimänn. „ „ | 1 „ | 6 „ |
| eine Keilhaue zu schärfen | — „ | 3 „ |
| eine Brechstange zu schärfen | — „ | 6 „ |
| eine Klammer auf beiden Seiten auszuziehen | — „ | 4 „ |
| zwei Klammerstücken zusammenzuschweißen | 1 „ | — „ |
| eine Keilhaue zu stählen mit $\frac{1}{4}$ Pfd. Stahl (à Pfd. $2\frac{1}{2}$ Sgr.) | 2 „ | — „ |
| desgl. (à Pfd. 4 Sgr.) | 2 „ | 5 „ |
| eine Brechstange zu stählen m. Stahl à $2\frac{1}{2}$ Sgr. | 3 „ | — „ |
| desgl. „ „ mit Stahl à 4 Sgr. | 3 „ | 9 „ |
| eine Keilhaue am Oehr zu schweißen und das neue Eisen beizulegen | 3 „ | — „ |
| eine Keilhaue zu erlegen und zu verstählen mit Stahl zu $2\frac{1}{2}$ Sgr. | 3 „ | 6 „ |
| „ „ „ 4 Sgr. | 4 „ | — „ |
| ein Handfäustel (4 bis 5 Pfd. schwer) zu fertigen mit Stahl, à Pfund | 3 „ | 6 „ |
| ein Treibefäustel (8 bis 10 Pfd. schwer) zu fertigen mit Stahl, à Pfund | 3 „ | — „ |
| beide Bahnen bei einem Handfäustel zu stählen (à Bahn $\frac{1}{2}$ Pfund Stahl) | 3 „ | 8 „ |
| desgl. bei einem Treibefäustel (à Bahn $\frac{3}{4}$ Pfund Stahl) | 5 „ | 6 „ |
| die Bahnen an einem Handfäustel herzustellen | 1 „ | 6 „ |
| „ „ „ „ Treibefäustel „ | 2 „ | 6 „ |
| eine Keilhaue (5 bis 8 Pfd. schwer) zu fertigen pro Pfund | 3 „ | 6 „ |
| eine Steinkratze zu fertigen mit Verstählung, à Pfund | 4 „ | — „ |
| einen eisernen einmännischen Bohrer zu fertigen, à Pfund | 2 „ | 6 „ |
| einen eis. zweim. Bohrer zu fertigen, à Pfd. | 2 „ | 3 „ |
| einen Stahlbohrer (Raffinirstahl) zu fertigen, à Pfund | 4 „ | — „ |
| einen Gußstahlbohrer*) „ „ „ | 6 „ | — „ |
| einen Krätzer zu fertigen (1 Pfd. schwer), à Pfund | 3 Sgr. | — Pf. |
| einen Stampfer ($1\frac{1}{2}$ bis 2 Pfd. schwer) zu fertigen, à Pfund | 2 „ | 6 „ |
| einen Lettenbohrer (12 bis 15 Pfd. schwer) zu fertigen, à Pfund | 2 „ | 6 „ |
| Eisen zu Bohrern pro Pfund | 1 „ | 4 „ |
| ein Keilhauenstiel | 2 „ | 6 „ |
| ein Treibefäustelstiel | 2 „ | — „ |
| ein Handfäustelstiel | 1 „ | 6 „ |

Nach den obigen Angaben kann man setzen, daß in ungeschichtetem Gebirge die Schmiedekosten, incl. Abnutzung betragen:

9% von den Lösegeldern bei Melaphyr,
3% „ „ „ „ Mandelstein.

Der Pulververbrauch würde in Melaphyr und Mandelstein auf 10 bis 12% der Lösegelder anzusetzen sein.*) Speciell findet zwischen dem Pulververbrauch im Firstenstolln, Oberprofil und Unterprofil das Verhältniß $13\frac{1}{2} : 10\frac{1}{2} : 6\frac{1}{2}$ statt, diese Zahlen geben nämlich an, wieviel Pfund Pulver pro Schachtruthe gewonnenes Gestein im Firstenstolln u. s. w. erforderlich sind. Es ist leicht erklärlich, warum der Unterschied des Pulververbrauches pro Schachtruthe beim Betriebe des Oberprofiles und des Firstenstolln nicht größer ist; es sind nämlich bei der Ausschießung des Oberprofiles immer noch sehr viel kleine Seitenschüsse wegzuthun, welche relativ mehr Pulver erfordern, als die kräftigeren Löcher. Dagegen ist der Pulververbrauch beim Unterprofil noch nicht halb so groß, als derjenige beim Firstenstolln.

Der Aufwand für Zündschnur ist mit 1 Procent**), derjenige für Beaufsichtigung mit $1\frac{1}{2}$ Procent in Ansatz zu bringen.

Was den Aufwand in geschichtetem Gebirge anlangt, so stellt sich derselbe nach den unter **B** mitgetheilten

*) Welche Stahlsorte man zu wählen habe, hängt von dem Härtegrade des Gesteines ab. In weichem Gebirge genügt Stahl à $2\frac{1}{2}$ Sgr. pro Pfund, für festeres Gestein muß aber besserer Stahl angewendet werden, worunter der Raffinirstahl oben ansteht. Gußstahl besitzt zwar eine größere Härte, springt aber zu leicht und verlangt eine besondere Geschicklichkeit und Uebung von Seiten der Schmiede.

Da es sehr häufig vorkommt, daß der Gußstahl verbrannt und dann von den Schmieden als unbrauchbar abgehauen wird, so erlaube ich mir, hier das Verfahren mitzutheilen, wie verbrannter Gußstahl wieder hergestellt werden kann. Man hat dabei weiter keine Kunstgriffe zu beachten, als daß man den verbrannten Gußstahl 6 bis 8mal dunkelroth anwärmt und nach dem jedesmaligen Wärmen mit Wasser abhämmert. Er ist dann zu jedem weiteren Gebrauche vollkommen tauglich.

Beim Zusammenschweißen von Gußstahlbohrern muß man die Stücken stark rothwarm machen und dann mit Borax oder fein gestoßenem Glase bestreuen, damit alle schädlichen Substanzen, als Oxyd, Schwefeltheilchen aus der Kohle u. dergl. beseitigt werden. Am besten gelingt das Schweißen, wenn das eine Stück aufgespalten und das andere mit ausgezogenem Ende dazwischen geschoben wird.

*) 1 Ctr. Pulver kommt nämlich jetzt nur auf 13 Thlr. 15 Sgr. zu stehen.

**) 1 Fuß Zündschnur kostet nämlich jetzt nur 2 Pf.

Angaben sehr verschieden heraus; je nachdem die Schichten mehr oder weniger schräg durchbrochen werden müssen und je nachdem sie dem Häuer zu- oder entfallen. Um dies recht deutlich ersehen zu können, habe ich nachstehende Tabelle zusammengestellt, in welcher die oben angeführten acht Fälle bei verschiedenen Gesteinen im Richtstolln berücksichtigt sind.

| Gebirgsart. | Art der Durchörterung des Gebirges zur Schichtenlage. | Verhältnißzahl der Leistung. | Stärke der Belegung pro 8stündige Schicht. | Tägliche Leistung in 24 Stunden. | Löserpreis pro laufenden Fuß. | | | Schmiedekosten incl. Abnutzung in Procent. | Pulververbrauch pro lauf. Fuß in Pfd. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Zolle. | Thlr. | Sgr. | Pf. | | |
| Reine feste Grauwacke. | Fall 1. Fig. 4, A. | 1 | 3 | 18 | 5 | — | — | 11 | 3 |
| | „ 2. Fig. 4, B. | $^5/_8$ | 3 | 12 | 7 | 15 | — | $16\frac{1}{2}$ | $4\frac{1}{2}$ |
| | „ 3. Fig. 5, A. | $^7/_8$ | 3 | 16 | 5 | 18 | — | $12\frac{1}{2}$ | $3\frac{3}{8}$ |
| | „ 4. Fig. 5, B. | $^9/_{16}$ | 3 | 10 | 9 | — | — | $19\frac{3}{4}$ | $5\frac{2}{5}$ |
| | „ 5. Fig. 6, A. | $^{11}/_{16}$ | 3 | 13 | 6 | 28 | — | $15\frac{1}{4}$ | $4\frac{1}{6}$ |
| | „ 6. Fig. 6, B. | $^1/_2$ | 3 | 9 | 10 | — | — | 22 | 6 |
| | „ 7. Fig. 7. | $^{21}/_{32}$ | 3 | 12 | 7 | 15 | — | $16\frac{1}{2}$ | $4\frac{1}{2}$ |
| | „ 8. Fig. 8. | $^3/_4$ | 3 | 14 | 6 | 13 | — | 14 | 4 |
| Reiner Thonschiefer. | Fall 1. Fig. 4, A. | 1 | 3 | 24 | 3 | 22 | 6 | $3\frac{1}{2}$ | 2 |
| | „ 2. Fig. 4, B. | $^5/_8$ | 3 | 15 | 6 | — | — | $5\frac{3}{5}$ | $3\frac{1}{5}$ |
| | „ 3. Fig. 5, A. | $^7/_8$ | 3 | 21 | 4 | 8 | 7 | 4 | $2\frac{2}{7}$ |
| | „ 4. Fig. 5, B. | $^9/_{16}$ | 3 | $13\frac{1}{2}$ | 6 | 20 | — | $6\frac{1}{4}$ | $3\frac{5}{9}$ |
| | „ 5. Fig. 6, A. | $^{11}/_{16}$ | 3 | $16\frac{1}{2}$ | 5 | 13 | — | 5 | 3 |
| | „ 6. Fig. 6, B. | $^1/_2$ | 3 | 12 | 7 | 15 | — | 7 | 4 |
| | „ 7. Fig. 7. | $^{21}/_{32}$ | 3 | 16 | 5 | 21 | — | $6\frac{1}{3}$ | 3 |
| | „ 8. Fig. 8. | $^3/_4$ | 3 | 18 | 5 | — | — | $4\frac{1}{2}$ | $2\frac{1}{2}$ |
| Muschelkalk in dünnen Bänken. | Fall 1. Fig. 4, A. | 1 | 3 | 26 | 3 | 14 | — | 4 | $2\frac{1}{2}$ |
| | „ 2. Fig. 4. B. | $^5/_8$ | 3 | 16 | 5 | 18 | — | $6\frac{1}{2}$ | 4 |
| | „ 3. Fig. 5, A. | $^7/_8$ | 3 | 23 | 3 | 27 | — | $4\frac{1}{2}$ | $2\frac{3}{4}$ |
| | „ 4. Fig. 5, B. | $^9/_{16}$ | 3 | 15 | 6 | — | — | 7 | $4\frac{1}{3}$ |
| | „ 5. Fig. 6, A. | $^{11}/_{16}$ | 3 | 18 | 5 | — | — | $5\frac{2}{3}$ | $3\frac{1}{2}$ |
| | „ 6. Fig. 6, B. | $^1/_2$ | 3 | 13 | 6 | 27 | — | 8 | 5 |
| | „ 7. Fig. 7. | $^{21}/_{32}$ | 3 | 16 | 5 | 18 | — | $6\frac{1}{2}$ | 4 |
| | „ 8. Fig. 8. | $^3/_4$ | 3 | 19 | 4 | 20 | — | $5\frac{1}{3}$ | $3\frac{2}{5}$. |

Zu dieser Tabelle sind folgende Bemerkungen zu machen.

Die Schmiedekosten gelten speciell für den Aufwand beim Betrieb des Firstenstolln. Ist dieser vorausgetrieben, so gestalten die Ausweitungsarbeiten sich günstiger, weil man die Angriffspunkte passender wählen kann. Dennoch stellte sich der Aufwand für Schmiedekosten im Grauwackengebirge bei den Ausweitungsarbeiten im günstigsten Falle (Nr. 1) nur um 2 bis höchstens 3% niedriger heraus, im zweiten, vierten und sechsten Falle war er dagegen um 8 bis 9% niedriger, so daß also bei Fall 6 der Aufwand für Schmiedekosten nur 22 — 9 = 13 Procent des Löserpreises betrug.

Gleiches gilt auch für die andern Gebirgsarten.

Auch beim Pulververbrauch treten Abweichungen von dem oben aufgestellten Verhältniß ($13\frac{1}{2} : 10\frac{1}{2} : 6\frac{1}{2}$) für den Verbrauch im Richtstolln, im Oberprofil und im Unterprofil ein; sie sind jedoch nicht sehr bedeutend und gestatten, wenn der mittlere Durchschnitt angegeben werden soll, nur eine mäßige Reduction der angegebenen Procente.

Für den Aufwand an Zündschnur und Beaufsichtigung können die angegebenen Procente beibehalten werden.

Was den Fortschritt im unteren Theile des Profiles betrifft, so betrug derselbe im Grauwackengebirge bei dem Tunnel in der Ruhr-Sieg-Bahn unter günstigem Einfallen der Gebirgsschichten und bei ca. 20 Mann Belegung vierteljährlich 14 laufende Ruthen.

Bei der Mauerung, welche aus hammerrechten Grauwackenbruchsteinen hergestellt wurde, brachte man den Fortschritt bis auf 6 Ruthen pro Monat oder auf 18 Ruthen vierteljährlich.

### F. Unkosten bei der Förderung.

Die Förderung ist eines der kostspieligsten Capitel beim Tunnelbau; alle dazu gehörigen Arbeiten, als Laden, Trans-

port u. s. w. kommen viel theurer zu stehen, als an der Tagesoberfläche in Einschnitten u. s. w., weil sie durch Beschränktheit des Raumes, mangelnde Beleuchtung u. dgl. erschwert werden. Außerdem tritt auch noch ein neues Element hinzu, nämlich die Ausgabe für Beleuchtung.

Die Kosten für Laden betragen pro Schachtruthe 15 bis 20 Sgr., je nach der Beengtheit des Raumes.

Die Transportkosten belaufen sich, wenn der Transport durchgängig auf Eisenbahngleisen erfolgt, pro Schachtruthe auf 15 bis 16 Sgr., wobei eine Distanz von 60 Ruthen angenommen ist.

Für Ausladen, Planiren und Reinhalten der Sohle kann man pro Schachtruthe 6 Sgr. ansetzen.

An Leuchtmaterialien (Oel) beträgt der Aufwand für eine 60 Ruthen lange Strecke etwa $2^1/_2$ Sgr. pro Schachtruthe, und für Schmiere bei gleicher Entfernung etwa 1 Sgr.

Ist die Schmiede ziemlich entfernt vom Arbeitspunkte, so muß für den Transport des Gezähes noch 1 Sgr. pro Schachtruthe in Ansatz kommen.

Hierbei ist der Haupttransport für die Hölzer noch gar nicht mit berücksichtigt, da die vorstehenden Notizen sich speciell auf einen Tunnel ohne Holzausbau beziehen. Für diesen Posten müßte der Förderaufwand noch um 12 bis 14 und mehr Sgr. pro Schachtruthe erhöht werden.

Endlich ist noch der Aufwand bei den Transportwagen zu erwähnen, worüber mir nähere Notizen fehlen. Er ist natürlich sehr von der Beschaffenheit des Gesteines abhängig, da sehr festes Gestein die Wagen weit mehr abnutzt, als mildes. Man dürfte sich durch Annahme eines Aufwandes von 20 Sgr. pro Schachtruthe der Wahrheit nähern, wenn die Entfernung nicht zu bedeutend ist.

---

# Versuche über den Ausfluß des Wassers unter sehr kleinem Drucke,

angestellt 1862/63 am hydraulischen Observatorium im Hofe des Königlichen Bergakademie-Gebäudes

vom

Bergrath, Professor Dr. **Julius Weisbach.**

(Hierzu Taf. 11 und Fig. 8 auf Taf. 12.)

§. 1. Da fast aus allen bis jetzt und namentlich auch aus den vom Verfasser angestellten Versuchen über den Ausfluß des Wassers unter mittlerem und hohem Drucke, oder vielmehr bei mittleren und großen Ausflußgeschwindigkeiten (s. Bd. 5 und 9 dieser Zeitschrift, sowie des Verfassers „Experimentalhydraulik u. s. w.") hervorgeht, daß die Contraction der Wasserstrahlen nur innerhalb ziemlich enger Grenzen variirt und deshalb auch die derselben entsprechenden Contractions- und Widerstandscoefficienten nicht sehr veränderlich sind, daß dagegen die sogenannte Reibung des Wassers an Röhrenwänden sich mit der Geschwindigkeit des Wassers nicht unbedeutend verändert, und insbesondere der entsprechende Reibungscoefficient $\zeta$ bei größeren Geschwindigkeiten kleiner ausfällt als bei kleineren, so entsteht die Frage: wie verhält sich die Contraction der Wasserstrahlen, sowie die Reibung des Wassers an Röhrenwänden bei sehr kleinen Ausflußgeschwindigkeiten des Wassers? Nimmt, wie die Versuche bei kleineren Geschwindigkeiten andeuten, die Contraction der Wasserstrahlen mit der Ausflußgeschwindigkeit ab, so daß sie vielleicht bei ganz kleinem Drucke fast ganz verschwindet, oder bleibt die Veränderlichkeit dieses Coefficienten beim Ausflusse durch Mündungen in der dünnen Wand, von der kleinsten bis zur größten Ausflußgeschwindigkeit in ziemlich engen Grenzen? Welche Werthe nimmt ferner der Reibungscoefficient des Wassers bei sehr kleinen Geschwindigkeiten des letzteren an, nähert sich derselbe mit Abnahme der Geschwindigkeit einer gewissen endlichen Grenze, oder wächst derselbe allmälig bis ins Unendliche, wenn die Geschwindigkeit des Wassers nach und nach bis Null abnimmt? Wenn ich z. B. den Ausflußcoefficienten für den Ausfluß des Wassers durch eine Kreismündung von 1 Centimeter Durchmesser in der dünnen ebenen Wand gefunden habe:

1) bei einer Druckhöhe von 103,576 Meter, $\mu = 0{,}600$,
2) „ „ „ „ 13,574 „ , $\mu = 0{,}632$,
3) „ „ „ „ 0,909 „ , $\mu = 0{,}641$,
4) „ „ „ „ 0,101 „ , $\mu = 0{,}665$,

also hiermit nachgewiesen wird, daß dieser Ausflußcoefficient bei der kleinen Druckhöhe von 1 Decimeter um 10,8 Procent größer ist als bei der über tausendmal so großen Druckhöhe von 103,578 Metern, so bleibt hierbei der Ausflußcoefficient dieser Mündung bei einer noch viel kleineren Druckhöhe von 1 bis 2 Centimeter noch immer unbestimmt. Wenn ich ebenso den Reibungscoefficienten an einer 2 Meter langen Messingröhre von 1 Centimeter Weite gefunden habe,

für die Geschwindigkeit $v = 20,99$ Meter, $\zeta = 0,01690$,
" " " $v = 12,32$ " , $\zeta = 0,01784$,
" " " $v = 8,64$ " , $\zeta = 0,01869$,
" " " $v = 2,02$ " , $\zeta = 0,02725$,
" " " $v = 0,57$ " , $\zeta = 0,03646$,

so folgt, allerdings in Uebereinstimmung mit dem Bekannten (s. des Verfassers „Ingen.- u. Masch.-Mechanik, Bd. I., Seite 831 u. f. w."), daß der Coefficient $\zeta$ des sogenannten Reibungswiderstandes mit steigender Geschwindigkeit nur langsam abnimmt, dagegen aber bei abnehmender Geschwindigkeit sehr stark wächst, z. B. bei 1 Meter Geschwindigkeit des durchfließenden Wassers nahe doppelt so groß ist als bei 21 Meter Geschwindigkeit desselben; es ist aber das Wachsthum dieses Coefficienten bei weiterer Abnahme der Geschwindigkeit nicht genau bekannt und z. B. der Widerstandscoefficient der Reibung für 0,1 Meter Geschwindigkeit noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Um die Ausfluß- und Widerstandscoefficienten des Wassers bei so kleinen Druckhöhen und Ausflußgeschwindigkeiten kennen zu lernen und dadurch die aufgeworfenen Fragen beantworten zu können, sind von dem Verfasser gründliche und ausgedehnte Versuche angestellt worden, deren Resultate nebst der nöthigen Beschreibung die vorliegende Abhandlung enthält.

Bei Ausführung dieser Versuche, sowie bei der Berechnung derselben bin ich von den Herren Ernst Kästner und Carl H. Richter, Studirenden an d. K. Bergakademie, wesentlich unterstützt worden.

§. 2. Der Ausflußapparat, an welchem die Versuche über den Ausfluß des Wassers bei sehr kleiner Druckhöhe angestellt worden sind, bestand in einem Holzkasten ABC, Fig. 1, Taf. 11, von 0,425 Meter Breite und 2,25 Meter Länge bei nur 0,190 Meter Tiefe mit einem Loche A in der schmalen Vorderwand, in welches sich die verschiedenen Mundstücke für den Ausfluß einsetzen ließen. Zu diesem Zwecke war in dieses Loch ein größerer Messingring eingeschraubt, welcher eine Kreismündung von nur 5 Centimeter Durchmesser übrig ließ, die zur Aufnahme der mit der Ausflußmündung oder dem Mundstücke versehenen Messingplatte diente. Die Befestigung dieser Platte wurde wie bei dem in der „Experimentalhydraulik" beschriebenen hydraulischen Versuchsapparat, mittels eines Preßringes und dreier Schrauben bewirkt. Um dem ganzen Apparate einen sicheren Stand zu verschaffen, wurde er auf eine steinerne Bank DE gesetzt, und um seiner oberen Begrenzung die nöthige horizontale Lage zu geben, wurde er bei vollständiger Füllung mit Wasser, durch untergeschobene Keile an der einen oder andern Ecke so viel gehoben, bis der Wasserspiegel rundherum mit den oberen Kanten des Kastens zusammenfiel. Damit während eines Versuches die Senkung des Wasserspiegels, oder die Verminderung der ohnedies nur wenige Centimeter messenden Druckhöhe sehr klein ausfallen konnte, mußte dem Ausflußreservoir der verhältnißmäßig große Querschnitt von nahe 1 Quadratmeter gegeben werden, wobei aber die Bestimmung der Ausflußmenge nicht mit hinreichender Genauigkeit durch die Größe der Senkung des Wasserspiegels erfolgen konnte, sondern durch Aichen im Sammelgefäß G besonders bewirkt werden mußte. Dieses Gefäß, in welchem das ausfließende Wasser bei jedem Versuche aufgefangen wurde, war aus starkem Zinkblech cylindrisch hergestellt und hatte eine Weite und Höhe von nahe 0,3 Meter. Um das Ausflußquantum $V = Gs$ eines Versuches mit großer Genauigkeit angeben zu können, mußte nicht nur der Querschnitt G des Gefäßes, sondern auch die Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht genau gemessen werden. Um ferner die Größe der mittleren Querschnittsfläche G mit Genauigkeit zu bestimmen, wurde der Durchmesser des Gefäßes an drei Stellen, nämlich nahe über dem Boden, in der Mitte und nahe unter der Mündung, mittels zweier Sperrmaaße AB und $BB_1$, Fig. 2, gemessen, von welchen das erstere nur wenig kürzer war, als das Gefäß weit, und deshalb Fig. 2 zwei Stellungen, AB und $AB_1$, einnehmen konnte. Aus der constanten Länge $AB = l$ des ersteren und der wenig variablen Länge $BB_1 = y$ des zweiten Sperrmaaßes ließ sich dann das Quadrat des entsprechenden Durchmessers $AD = d$ des Gefäßes mittels der bekannten Kreisformel

$$d^2 = l^2 + \left(\frac{y}{2}\right)^2$$

berechnen.

Die Messung wurde bei einer Temperatur von 16 Grad angestellt, welche nahe mit der Temperatur übereinstimmte, bei welcher die Ausflußversuche vorgenommen worden waren. Die Länge des constanten Sperrmaaßes war $l = 29,78$ Centimeter, dagegen die des veränderlichen, je nachdem die Messung unten, in der Mitte, oder oben vorgenommen wurde,

$y_0 = 6,6$; $y_1 = 5,0$ und $y_2 = 5,6$ Centimeter,

woraus die Quadrate der entsprechenden Durchmesser folgen:

$d_0^2 = (29,78)^2 + (3,3)^2 = 897,74$ Quadratcentimeter,
$d_1^2 = (29,78)^2 + (2,5)^2 = 893,10$ " , und
$d_2^2 = (29,78)^2 + (2,8)^2 = 894,69$ " .

Hiernach ergiebt sich das mittlere Quadrat der Durchmesser:

$$d^2 = \frac{d_0^2 + 4d_1^2 + d_2^2}{6} = 894{,}14 \text{ Quadratcentimeter,}$$

und folglich der mittlere Querschnitt des Gefäßes:

$$G = \frac{\pi d^2}{4} = 702{,}25 \text{ Quadratcentimeter.}$$

Die Höhe $s$ der während der Ausflußzeit $t$ aufgefangenen Wasserschicht wurde mittels eines unten zugespitzten und in Millimeter eingetheilten cylindrischen Messingstabes HK, Fig. 1, gemessen, welcher bei K durch eine an dem Querholze FF befestigte Hülse ging, worin er durch eine Preßschraube festgestellt werden konnte. Ein an dieser Hülse angebrachter und mit dem nöthigen Fenster versehener Nonius gestattete das Ablesen der Höhen bis auf Zehntelmillimeter.

Es wurde dieser Zeiger sowohl vor, als auch nach dem Ausflusse mit seiner Spitze bis zur gehörig ruhig gewordenen Oberfläche des Wassers herabgelassen, und nach der nöthigen Berührung des Wasserspiegels der Zeigerstand am Nonius bei K abgelesen: die Differenz $s = s_0 - s_1$ der Zeigerstände $s_0$ und $s_1$ gab dann die gesuchte Höhe $s$ der ausgeflossenen Wasserschicht, mit Hülfe deren sich dann das Ausflußquantum in der beobachteten Zeit $t$: $V = Gs$, sowie das mittlere Ausflußquantum: $Q = \frac{V}{t} = \frac{Gs}{t} = \frac{G(s_0 - s_1)}{t}$ berechnen ließ.

§. 3. Da man es bei Versuchen über den Ausfluß des Wassers mit sehr kleinen Geschwindigkeiten auch nur mit sehr kleinen Druckhöhen zu thun hat, so war es nöthig, die letzteren mit einer besonderen Genauigkeit zu ermitteln und hierbei ein besonderes, in Fig. 3 abgebildetes Mikrometer in Anwendung zu bringen. Dieses Instrument, welches mit großer Sorgfalt vom Herrn Bergmechanikus Lingke angefertigt worden ist, besteht in der Hauptsache in einer Schraubenspindel DE aus Argentan, von 140 Millimeter Länge und 6 Millimeter Durchmesser, und in einer in 20 gleiche Theile eingetheilten Kreisscheibe AB, welche auf dem Kopfe der Schraubenspindel festgeschraubt ist und mit dieser bei jeder Umdrehung in der Axe um die ziemlich genau ein Millimeter messende Ganghöhe der Schraube fortschreitet. Wenn man noch Fünftel der Eintheilung des Kreises abschätzt, also Hundertel desselben angiebt, so kann man hiernach den axialen Weg der Schraube bis auf Hundertel Millimeter genau angeben, und wenn daher der durchlaufende Weg oder die zu messende Druckhöhe nur 1 Centimeter betrüge, so würde die Angabe derselben noch immer bis auf 1 Tausendel genau ausfallen. Uebrigens geht die Schraubenspindel durch die mit einer Preßschraube versehene Mutter M und trägt an ihrem unteren Ende einen Messingstift ES, dessen Spitze S durch Umdrehung der Schraube mit dem Wasserspiegel in Berührung zu bringen ist. Zur weiteren Leitung der Schraube dient der Querarm FG mit dem Zeiger AG und den Leitungsstäben FK und GH, von welchen der letztere mit einer bis halbe Centimeter gehenden Eintheilung versehen ist. Diese Stäbe gehen lose durch das eiserne Lineal LN, an welchem die Schraubenmutter M festsitzt, und welches mittels zweier Schraubenzwingen L und N, Fig. 1, auf der hölzernen Querschwelle $BB_1$ am Ausflußreservoir befestigt wurde. Diese Schwelle stand 50 Centimeter von der Vorderwand A des Reservoirs ABC ab und ließ sich durch zwei Holzschrauben B und $B_1$ auf die Seitenwände des letzteren befestigen. Um einen ruhigen Wasserspiegel zu erhalten, war es noch nöthig, durch Bedeckung des Ausflußkastens mittels Breter das Wasser in demselben vor dem Luftzug zu schützen.

Zur genauen Ausmittelung des Wasserstandes über der Mitte der Ausflußöffnung wurde noch ein besonderes Verfahren angewendet, dessen ich mich auch bei den Versuchen mittels des Experimentirapparates bei Vorträgen bediene, und wobei es besonders darauf ankommt, den Einfluß der Capillarität zu vermeiden. Zu diesem Zwecke dient ein Zeiger Z, Fig. 4, welcher mit einer die Kreismündung von 1 Centimeter Durchmesser enthaltenden dünnen Platte so verbunden wird, daß seine Spitze von oben herab genau bis in die Mitte der Mündung reicht. Damit das Wasser im Ausflußkasten bis zu dieser Spitze steigen könne, wird nach außen ein Wännchen W aus Zinkblech angeschraubt, welches sich nach und nach mit Wasser anfüllt, bis es endlich mit dem Wasser im Reservoir einen gemeinschaftlichen Spiegel bildet. Hat man es nachher durch langsames Ab- und Zugießen von Wasser dahin gebracht, daß die ruhige Oberfläche $OO_1$ der ganzen Wassermasse die Spitze des Zeigers Z genau berührt, so kann man auch darauf rechnen, daß der Wasserspiegel die Mitte der Kreismündung in der dünnen Platte einnimmt. Wenn nun sämmtliche Mundstücke gleiche Einsetzplatten haben, deren Mittelpunkte mit den Mittelpunkten ihrer Mündungen zusammenfallen, so fallen auch alle diese Mittelpunkte in den die Zeigerspitze berührenden Wasserspiegel. Nachdem man die Berührung zwischen der Spitze Z und dem Wasserspiegel $OO_1$ hergestellt hat, stellte man auch die Spitze S des Mikrometers in die Oberfläche $OO_1$ ein und liest nun den Stand der Schraube an den Eintheilungen des Stabes GK und der Scheibe AB ab.

Zieht man von der abgelesenen Höhe $z_0$ die Druckhöhe $h_1$ ab, bei welcher der folgende Versuch beginnen soll, so erhält man die Höhe $z_1 = z_0 - h_1$, auf welche schließlich das Mikrometer einzustellen ist. Vor dem Versuch ist soviel Wasser in das Reservoir einzulassen, bis die ruhige Oberfläche des ganzen Wassers in demselben die Spitze des auf $z_1$ eingestellten Mikrometers berührt. Kurz nach Eröffnung der Ausflußmündung beginnt das Auffangen des Wassers in dem Gefäße G, Fig. 1, und gleichzeitig auch

die Beobachtung der Zeit mittels einer guten Secundenuhr. Nach Verlauf einer gewissen Zeit t, welche in der Regel 60 Secunden übersteigt, verschließt man die Ausflußmündungen, läßt das aufgefangene Wasser im Gefäße zur Ruhe kommen, stellt dann nicht nur die Spitze des Zeigerstabes HK auf die Oberfläche des Wassers im Gefäße G, sondern auch die Spitze S des Mikrometers $BMB_1$ auf die Oberfläche des Wassers im Ausflußkasten, liest hierauf die beiden Zeigerstände $s_1$ und $z_2$ ab, und bestimmt nun mittels der Formel $s = s_1 - s_2$ die Höhe s der ausgeflossenen Wasserschicht, sowie mittels der Formel $h_2 = z_2 - z_0$ die Druckhöhe $h_2$ am Ende der Beobachtungszeit t. Endlich bestimmt man mittels der bekannten Formel

$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2$$

auch noch die mittlere Druckhöhe h während der ganzen Ausflußzeit t.

Nur beim Ausflusse des Wassers durch sehr enge Mündungen wurde, um nicht zu große Ausflußzeiten zu erhalten, das Wasser in Liter- oder halbe Literflaschen G, wie Fig. 5 und Fig. 6, aufgefangen.

§. 4. Da bei diesen Versuchen nur Mündungen von kleinen, in der Regel 2 Centimeter nicht übersteigenden Weiten angewendet werden konnten, so mußte auf Hilfsmittel Bedacht genommen werden, welche gestatten, diese Mündungsweiten ohne viele Umstände, mit großer Genauigkeit auszumessen. Diese Hilfsmittel bestanden in Sperrmäßchen, welche sich in die Mündungen einpassen ließen, und in einem genauen Schiebemaaße mit Nonius, zwischen dessen Backen jedes Sperrmäßchen bei seiner Ausmessung eingeklammert werden konnte. Die Sperrmäßchen bestanden aus Messingdrahtstücken von 1 Millimeter Dicke, welche durch Hämmern auf einem kleinen Ambos ein wenig breit geschlagen und durch Abfeilen mittels einer kleinen Feile an den Enden etwas abgerundet wurden. Um ein solches Messingstäbchen genau in die auszumessende Mündung einzupassen, mußte, je nachdem es noch etwas zu lang oder bereits zu kurz war, entweder an einem Ende desselben etwas abgefeilt, oder durch Schlagen mittels eines kleinen Hammers das ganze Stäbchen etwas ausgedehnt werden. Bei Ausmessung von kreisrunden Mündungen ist in der Regel ein Sperrmäßchen ausreichend, sind aber die Mündungen vierseitig, so hat man mindestens zwei solche Meßstäbchen nöthig. Bei meinen älteren Versuchen habe ich das Ausmessen der vorher in die auszumessende Mündung eingepaßten Sperrmäßchen mittels eines genauen Transversalmaaßstabes aus Argentan vorgenommen (s. meine Versuche über den Ausfluß des Wassers u. s. w., Heft I, Leipzig 1842); jetzt bediene ich mich aber hierzu des erwähnten Schiebemaaßes, welches von dem Herrn Bergmechanikus Lingke mit außerordentlicher Accuratesse angefertigt worden ist. Die Einrichtung dieses Schiebemaaßes ist aus Figur 8 auf Tafel 12 zu ersehen. Die Scala oder der eigentliche Maaßstab AB desselben hat 20 Centimeter Länge und ist in 200 gleiche Theile von je 1 Millimeter Länge getheilt. Der an der Seite desselben verschiebbare Nonius CD hat eine Länge von 101 Millimeter, und ist in 100 gleiche Theile getheilt, es beträgt folglich die Differenz zwischen einem Theile des Nonius und einem Theile der Scala, $= \frac{101}{100} - 1 = 0{,}01$ Millimeter, und es läßt sich in der That auch, bei Anwendung einer Loupe, dieser Unterschied von 0,00001 Meter noch ziemlich gut wahrnehmen. Hat man das auszumessende Sperrmäßchen x rechtwinkelig zwischen die Backen EF und CG eingeklemmt, wovon der eine mit der Scala und der andere mit dem Nonius fest verbunden ist, so läßt sich auf beiden Eintheilungen die der Größe der Verschiebung gleiche Länge des eingeklemmten Stäbchens finden. Der Theilstrich bei 100 des Nonius schneidet die ganzen Millimeter auf der Haupttheilung ab, und die Zahl, welche an der Stelle des Nonius steht, wo ein Strich desselben mit einem Striche der Haupteintheilung zusammenfällt, bezeichnet die noch hinzukommenden Hundertelmillimeter. Hiernach ist z. B. die Länge des eingesetzten Stäbchens in der Abbildung, = 13 Millimeter + 71 Hundertelmillimeter = 13,71 Millimeter = 0,01371 Meter.

Dieses Schiebemaaß ist auch ein Hilfsmittel zur Prüfung der Genauigkeit des Mikrometers. Um diese Prüfung zu vollziehen, stemmt man zunächst das Ende des Schiebers CD gegen die feste Mutter D, Fig. 3, Taf. 11, der horizontal zu legenden Mikrometerschraube, sowie das Ende B des Lineales AB gegen die Spitze S der Mikrometerschraube, und liest sowohl den entsprechenden Stand des Nonius, als auch den Stand des Mikrometers ab; hierauf schiebt man das Lineal AB um einen gewissen Weg, z. B. 1 Centimeter zurück, und bringt bei unverändertem Orte des Schiebers die Spitze der Mikrometerschraube von Neuem mit dem Ende B des Lineales in Berührung; wenn nun die Angabe des Nonius am Schiebemaaß mit der Angabe des Mikrometers übereinstimmt, letztere z. B. einen Schraubenweg von ebenfalls 1 Centimeter anzeigt, läßt die Genauigkeit der Mikrometer nichts zu wünschen übrig. Bei mehrfacher Prüfung an verschiedenen Stellen der Mikrometerschraube wurde die Differenz zwischen diesen Wegen höchstens 0,08 Millimeter, also die Druckhöhe bis auf mindestens 1 Procent genau gefunden, wobei folglich die entsprechende Geschwindigkeit wenigstens auf $^1/_2$ Procent genau bestimmt wird.

§. 5. Die Mundstücke, welche bei den Versuchen zum Ausflusse des Wassers aus dem in Figur 1 abgebildeten Kasten gedient haben, bestanden theils in Ansatzplatten mit

Mündungen in der dünnen Wand, theils aus kurzen Ansatzröhren von verschiedenen Formen, theils aus längeren Glas-, Messing- und Zinkröhren. Um die Versuche mit den kurzen Mundstücken unter einem und demselben Drucke anzustellen, wurden diese Mundstücke nach jedem Versuche in ihrem kreisförmigen Sitze um einen gewissen Winkel gedreht, bevor der folgende Versuch begann. Bei nur einer Wiederholung eines und desselben Versuches war eine Drehung um 180 Grad nöthig, weil dann beim 2ten Versuche die Mitte der Mündung genau um ebensoviel über oder unter die Mitte des kreisrunden Sitzes des Mundstückes zu liegen kam, als beim ersten Versuche unter oder über dieselbe; folglich die mittlere Druckhöhe bei beiden Versuchen mit der Druckhöhe der Mitte des gedachten Sitzes, deren Bestimmung oben §. 3 angegeben worden ist, übereinstimmte. In der Regel wurde aber jeder Versuch zwei Mal wiederholt, und deshalb war es auch nöthig, nach jedem Versuche über ein und dasselbe Ausflußverhältniß eine Arendrehung des Mundstückes von 120 Grad vorzunehmen. Seltener, und zwar nur in solchen Fällen, wo die Ausflußzeit sehr kurz war, wurde ein Versuch öfters als 2mal wiederholt. Bei 3maliger Wiederholung, also bei 4 Versuchen über einen und denselben Fall, reichte natürlich wieder eine Arendrehung des Mundstückes um 180 Grad aus. In der Regel kamen bei Anwendung dieser Vorsichtsmaßregel in der Ausflußzeit nur kleine Zeitdifferenzen von 0 bis 1 Secunde vor, weshalb von diesem Verfahren eine große Genauigkeit zu erwarten ist.

Bei langen Röhren war es nöthig, die Druckhöhen durch ein besonderes, mit der größten Genauigkeit auszuführendes Nivellement zu bestimmen. Zu Ausführung desselben dienten ein gutes Nivellirinstrument N, Fig. 7, Tafel 11, welches in circa 10 Meter Entfernung von der Ausflußröhre FG auf einem sehr stabilen Stativ S aufgestellt war, und zwei ganz genau in Fünfteleentimeter eingetheilte Nivellirstäbchen FH und GK mit messingenen Fußplatten. Zur Unterstützung der Röhre FG dienten zwei Tragarme L und M, welche sich an senkrechten, auf Dreifüßen stehenden Stäben, nach Bedürfniß auf- oder niederschieben und durch Preßschrauben in der gegebenen Lage feststellen ließen.

Damit die Nivellirstäbchen das Fallen oder Steigen der Röhre ohne weitere Messungen angaben, wurden genau passende cylindrische Holzpfropfen in die beiden Mündungen der Röhre gesteckt, und wie aus der Abbildung zu ersehen ist, diese Stäbchen auf die hervorragenden Enden dieser Stöpsel nach einem aufgehangenen Lothe senkrecht aufgestellt. Die Differenz der beiden Visurhöhen FH und GK gab das Steigen oder Fallen der Röhre FG direct an. Um eine große Genauigkeit zu erzielen, wurde noch die Libelle auf dem Fernrohr umgesetzt und nach gehöriger Horizontalstellung des Fernrohres die Beobachtung der beiden Höhen wiederholt, so daß nun aus beiden Beobachtungsresultaten ein Mittelwerth des Röhrengefälles bestimmt werden konnte. Zur wesentlichen Erhöhung der Genauigkeit dieser Bestimmung trug noch bei, daß man das Instrument in gleichen Abständen von den beiden Mündungen F und G aufgestellt hatte. Um sicher zu sein, daß während der Ausflußversuche keine Veränderung in der Röhrenlage vorgekommen war, wurde das ganze Nivellement nach Beendigung dieser Versuche wiederholt. Fiel die Differenz zwischen beiden Gefällwerthen noch nicht 0,5 Millimeter aus, so wurde schließlich das Mittel aus beiden Größen als das richtige Gefälle angenommen, außerdem war eine Wiederholung des Versuches nothwendig. Das ganze Gefälle, nach welchem die Versuche über den Ausfluß des Wassers durch die Röhre zu berechnen sind, ist natürlich die Summe aus diesem Röhrengefälle und der durch das Mikrometer angegebenen Höhe des Wasserspiegels im Ausflußkasten über der durch die Zeigerspitze Z, Fig. 4, angegebenen Mitte der Einmündung F, Fig. 7. Um das Ansammeln von Luftblasen in der Röhre FG zu verhindern, gab man derselben gewöhnlich etwas Ansteigen, weshalb dann die angegebene Summe in eine Differenz überging, also der Wasserstand im Ausflußkasten um das Ansteigen der Röhre FG zu vermindern war, um die ganze Druckhöhe des Ausflußes durch G zu bestimmen.

§. 6. Die Kropf- und Knieröhren, sowie die langen geraden Röhren wurden bei den Ausflußversuchen stets in Verbindung mit einem cylindrischen Ein- und einem dergleichen Ausmündungsstück verwendet. Um nun aber die Widerstandscoefficienten für diese Zwischenröhren allein zu ermitteln, wurden auch noch Ausflußversuche mit den ohne eine Zwischenröhre vereinigten Ein- und Ausmündungsstücken angestellt. Aus dem Widerstandscoefficienten $\zeta_0$, welchen die letzteren Versuche geben, und dem Widerstandscoefficienten $\zeta_1$, auf welchen die Versuche mit der ganzen Röhrenverbindung führen, folgt dann der Widerstandscoefficient für die Zwischenröhre: $\zeta = \zeta_1 - \zeta_0$, auch läßt sich setzen: $\zeta = \frac{1}{\mu_1^2} - \frac{1}{\mu_0^2}$, wenn $\mu_0$ und $\mu_1$ die $\zeta_0$ und $\zeta_1$ entsprechenden Ausflußcoefficienten bezeichnen, da $\zeta_0 = \frac{1}{\mu_0^2} - 1$ und $\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1$ zu setzen ist. (S. des Verfassers Ingen.- u. Maschinenmechanik, Bd. I, Seite 822, sowie dessen Experimentalhydraulik, Seite 81).

Um den Widerstandscoefficienten $\zeta_0$ möglichst herabzuziehen, wurde gewöhnlich ein cylindrisches Einmündungsstück mit innerer Abrundung in Anwendung gebracht. Die Verbindung einer Knieröhre BC mit cylindrischen Ein- und Ausmündungsstücken A und D führt der Durchschnitt in Fig. 8 vor Augen. Eine solche Verbindung von zwei Kropfröhren B und C mit cylindrischen Ein- und Ausmündungs-

stücken A und D, sowie mit einer cylindrischen Zwischenröhre BC stellt Fig. 9 dar. Wegen dieser Zwischenröhre ist es zur Bestimmung des Widerstandscoefficienten für den Durchgang des Wassers durch beide Kröpfe auch nöthig gewesen, mit einer Verbindung ABCD, Fig. 10, aus dem Mittelstücke BC, und den Ein- und Ausmündungsstücken A und D besondere Ausflußversuche anzustellen.

Um aus dem Widerstandscoefficienten einer langen Röhre den Reibungscoefficienten derselben ermitteln zu können, war es noch nöthig, ihre mittlere Weite zu ermitteln. Zu diesem Zwecke ist die Methode des Abwägens in Anwendung gebracht worden, wobei es darauf ankommt, aus der Länge der Röhre und dem Gewichte des Wassers, welches die Röhre faßt, den mittleren Querschnitt dieser Röhre zu berechnen. (S. Versuche über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke, Bd. IX des „Civilingenieur".)

Da, wie auch ältere Versuche von Gerstner und Hagen nachgewiesen haben, der Wärmezustand des Wassers auf die Bewegung desselben in längeren Röhren einen beachtungswerthen Einfluß ausübt, so ist bei den Versuchen über den Ausfluß unter sehr kleinem Drucke auch die Temperatur des ausfließenden Wassers mit beobachtet worden.

Eine besondere Aufmerksamkeit mußte bei sämmtlichen Versuchen auf die Einstellung der Mikrometerspitze gerichtet werden, da das Wasser in Folge der Capillarität von dieser Spitze um eine gewisse Höhe mit emporgezogen wird, wenn dieselbe vorher die Oberfläche des Wassers nicht blos berührt, sondern in das Wasser wirklich eingedrungen ist. Diese Höhe, auf welche das Wasser W, Fig. 11, der aufsteigenden Spitze S folgt, hat im Mittel die Größe $y = 0{,}785$ Millimeter betragen. Um das Eintauchen der Spitze S in das Wasser zu vermeiden, mußte die Spitze behutsam von oben nach unten geschraubt werden, bis die Berührung mit dem Wasserspiegel stattfand. War aus Versehen die Spitze in das Wasser gekommen, so mußte dieselbe zurückgeschraubt und gehörig abgetrocknet werden, ehe ein neues Einstellen stattfinden konnte.

§. 7. Da bei dem Ausflusse unter einem sehr kleinen Drucke die Höhe a der Ausmündung nicht als verschwindend klein gegen die Höhe h des Wasserspiegels über der Mündungsmitte angesehen werden kann, so ist auch h nicht als Druckhöhe, und $v = \sqrt{2gh}$ nicht als die mittlere Ausflußgeschwindigkeit innerhalb einer solchen Mündung anzusehen. Bei einer rectangulären Mündung in einer verticalen Seitenwand ist die mittlere Druckhöhe

$$h_1 = \left(1 - \frac{1}{48}\left(\frac{a}{h}\right)^2\right) h,$$

und folglich die entsprechende Ausflußgeschwindigkeit

$$v_1 = \left(1 - \frac{1}{96}\left(\frac{a}{h}\right)^2\right) \sqrt{2gh}$$

zu setzen. (S. die Ingen.- u. Maschinenmechanik des Verfassers; Bd. I, Seite 778.) Bei einer Kreismündung vom Halbmesser r hat man dagegen

$$h_1 = \left(1 - \frac{1}{16}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right) h \quad \text{und}$$

$$v_1 = \left(1 - \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right) \sqrt{2gh}.$$

Da bei den Versuchen, von welchen hier die Rede ist, sämmtliche Mündungen und Mundstücke kreisförmige Querschnitte hatten, so fanden nur die letzten Formeln bei denselben ihre Anwendung.

Bei der variablen Höhe x des sinkenden Wasserspiegels über der Mündungsmitte, dem Inhalte F des Querschnittes der Ausflußmündung und dem Ausflußcoefficienten $\mu$ ist jedenfalls die in dem Zeitelemente dt ausgeflossene Wassermenge: $= \mu F \sqrt{2gx}\left(1 - \frac{1}{32}\left(\frac{r}{x}\right)^2\right) dt$; wenn nun in demselben Zeitelemente die Wassertiefe um dx abnimmt, so hat bei dem Inhalte A der Oberfläche des Wassers die ausgeflossene Wasserschicht den Inhalt $= -A\,dx$, und es ist daher

$$A\,dx = -\mu F \sqrt{2gx}\left(1 - \frac{1}{32}\left(\frac{r}{x}\right)^2\right) dt, \text{ sowie}$$

$$dt = -\frac{A\,dx}{\mu F \sqrt{2gx}\left(1 - \frac{1}{32}\left(\frac{r}{x}\right)^2\right)}, \text{ oder}$$

$$= -\frac{A}{\mu F \sqrt{2g}}\left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{x}\right)^2\right) x^{-1/2}\,dx$$

zu setzen.

Nun hat man aber $\int x^{-1/2}\,dx = 2\sqrt{x}$ und

$$\int \frac{x^{-1/2}}{x^2}\,dx = \int x^{-5/2}\,dx = -\tfrac{2}{3}x^{-3/2}$$

$$= -\tfrac{2}{3}\frac{\sqrt{x}}{x^2}, \text{ daher folgt}$$

$$t = -\frac{A}{\mu F \sqrt{2g}}\left(2\sqrt{x} - \frac{2}{3}\,\frac{1}{32}\,\frac{r^2\sqrt{x}}{x^2}\right) + \text{Const.}$$

$$= -\frac{2A\sqrt{x}}{\mu F \sqrt{2g}}\left(1 - \frac{1}{96}\left(\frac{r}{x}\right)^2\right) + \text{Const.}$$

Bezeichnet $h_1$ den Wasserstand über der Mündungsmitte am Anfange und $h_2$ den beim Ende des Ausflusses, so folgt die entsprechende Ausflußzeit

$$t = \frac{2A}{\mu F \sqrt{2g}}\left[\sqrt{h_1}\left(1 - \frac{1}{96}\left(\frac{r}{h_1}\right)^2\right) - \sqrt{h_2}\left(1 - \frac{1}{96}\left(\frac{r}{h_2}\right)^2\right)\right]$$

$$= \frac{2A}{\mu F \sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} - \frac{1}{96}r^2\left(h_1^{-3/2} - h_2^{-3/2}\right)\right)$$

$$= \frac{2A}{\mu F \sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}\right)\left(1 + \frac{1}{96}\frac{r^2(h_1 + \sqrt{h_1 h_2} + h_2)}{\sqrt{(h_1 h_2)^3}}\right),$$

oder, wenn man für $\sqrt{h_1 h_2}$ und $\frac{h_1+h_2}{2}$ annähernd eine mittlere Druckhöhe h einführt,

$$t = \frac{2A}{\mu F \sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right).$$

Diese Gleichung läßt sich direct deßhalb nicht zur Berechnung der Versuche benutzen, weil der in derselben vorkommende Factor $(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2})$ die kleine Differenz zweier Größen $\sqrt{h_1}$ und $\sqrt{h_2}$ ist, welche sehr wenig von einander abweichen, und daher keine genaue Bestimmung von $\mu = \frac{2A}{Ft\sqrt{2g}} (\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}) \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)$ zuläßt. Nun ist aber auch $A = \frac{V}{h_1 - h_2}$, wenn $V = Gs$ das in einem Gefäße vom Querschnitte G gemessene Wasserquantum bezeichnet, daher hat man auch

$$\mu = \frac{V}{Ft\sqrt{2g}} \cdot \frac{\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}}{\frac{1}{2}(h_1 - h_2)} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)$$
$$= \frac{V}{Ft\sqrt{2g}} \cdot \frac{1}{\frac{\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}}{2}} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right),$$

oder wenn man die mittlere Druckhöhe $h = \left(\frac{\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}}{2}\right)^2$ einführt, welche oben nur annähernd für $\sqrt{h_1 h_2}$ und $\frac{h_1+h_2}{2}$ gesetzt worden ist,

$$\mu = \frac{V}{Ft\sqrt{2gh}} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)$$
$$= \frac{Gs}{Ft\sqrt{2gh}} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right).$$

Führt man den in §. 2 angegebenen Werth $G = 702{,}25$ Quadratcentimeter und $\sqrt{2g} = \sqrt{1962}$ ein, so erhält man folgende Formel zur Berechnung der Ausflußcoefficienten:

$$\mu = \frac{0{,}022576\,V}{Ft\sqrt{h}} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)$$
$$= \frac{15{,}8545\,s}{Ft\sqrt{h}} \left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right),$$

für welche der Mündungsquerschnitt F in Quadratcentimetern, der Mündungshalbmesser r, die Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht und die mittlere Druckhöhe in Centimetern zu geben sind, und in welche, wie gewöhnlich, die Ausflußzeit t in Secunden einzusetzen ist.

Während die theoretische Ausflußgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$ zu setzen ist, hat man die effective Ausflußgeschwindigkeit

$$v = \frac{V}{Ft} = \frac{Gs}{Ft} = \frac{7{,}0225\,s}{Ft} \text{ Meter},$$

und daher den entsprechenden Ausflußcoefficienten auch

$$\mu = \frac{v\left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)}{\sqrt{2gh}}.$$

§. 8. Die Berechnungsweise dieser Versuche ist aus folgenden Beispielen zu ersehen.

1) Ausflußversuche mit der **Kreismündung** von nahe 1 Centimeter Weite in der **dünnen ebenen Wand** (Fig. 12), bei der Temperatur des Wassers $\tau = 16{,}5$ Grad C. Der genaue Durchmesser der Mündung war $d = 1{,}010$ Centimeter, folglich der Halbmesser derselben: $r = 0{,}505$ Centimeter, und ihr Inhalt $F = \pi r^2 = 0{,}80120$ Quadratcentimeter. Das Mikrometer zeigte $z_0 = 5{,}3880$ Centimeter, als dessen Spitze im Niveau der Mündungsmitte stand, und die Ausflußzeit betrug $t = 90$ Secunden.

Die unmittelbar gefundenen Versuchsresultate enthält folgende Tabelle in Centimetern.

| Nummer des Versuches. | Mikrometerstand | | | Zeigerstand im Auffänger | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | am Anfang des Versuches $z_1$ | am Ende des Versuches $z_2$ | Differenz od. Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht. | am Anfang des Versuches $s_1$ | am Ende des Versuches $s_2$ | Differenz od. Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht. |
| 1 | 3,000 | 3,353 | 0,353 | 29,78 | 25,05 | 4,73 |
| 2 | 3,353 | 3,687 | 0,334 | 25,05 | 20,62 | 4,43 |
| 3 | 3,032 | 3,372 | 0,340 | 20,62 | 15,83 | 4,79 |
| 4 | 3,372 | 3,702 | 0,330 | 15,83 | 11,42 | 4,41 |
| 5 | 3,020 | 3,385 | 0,365 | 11,42 | 6,75 | 4,67 |
| 6 | 3,385 | 3,705 | 0,320 | 10,07 | 5,62 | 4,45 |

Für die Versuche Nr. 1, 3 und 5 sind die Mittelwerthe folgende:

$z_1 = 3{,}0173$, $z_2 = 3{,}3700$ und $s = 4{,}73$ Centimeter,

wonach die Druckhöhe am Anfang

$h_1 = z_0 - z_1 = 5{,}3880 - 3{,}0173 = 2{,}3707$ Centimeter,

und die am Ende des Versuches:

$$h_2 = z_0 - z_2 = 5{,}3880 - 3{,}3700 = 2{,}0180 \text{ Centimeter},$$

sowie die mittlere Druckhöhe

$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = \left(\frac{\sqrt{2{,}3707} + \sqrt{2{,}0180}}{2}\right)^2 = \left(\frac{1{,}53970 + 1{,}42056}{2}\right) = (1{,}48013)^2 = 2{,}1907 \text{ Centimeter}$$

folgt, welcher die theoretische Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \, . \, 0{,}021907} = 0{,}6556$ Meter entspricht.

Noch ist $1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}505}{2{,}1907}\right)^2 = 1{,}00166$, daher folgt der entsprechende Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{15{,}854 \, . \, 4{,}73 \, . \, 1{,}00166}{0{,}8012 \, . \, 90 \, . \, 1{,}48013} = 0{,}7038.$$

Für die Versuche Nr. 2, 4 und 6 sind dagegen die Mittelwerthe:

$$z_1 = 3{,}3700, \quad z_2 = 3{,}6980, \quad \text{und } s = 4{,}43 \text{ Centimeter}$$

gefunden, woraus die Druckhöhen

$h_1 = 5{,}3880 - 3{,}3700 = 2{,}0180$,

$h_2 = 5{,}3880 - 3{,}6980 = 1{,}6900$ folgen, und sich die mittlere Druckhöhe

$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = (1{,}36028)^2 = 1{,}8504$ Centimeter ergiebt, welcher die theoretische Geschwindigkeit

$v = \sqrt{19{,}62 \, . \, 0{,}018504} = 0{,}6025$ Meter entspricht.

Da noch $1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}505}{1{,}8504}\right)^2 = 1{,}00233$ ist, so folgt der entsprechende Ausflußcoefficient:

$$\mu = \frac{15{,}854 \, . \, 4{,}43 \, . \, 1{,}00233}{0{,}8012 \, . \, 90 \, . \, 1{,}36028} = 0{,}7177.$$

2) Ausflußversuche mit der kurzen cylindrischen Ansatzröhre von nahe 1 Centimeter Weite und der dreifachen Länge (Fig. 13) bei der Wassertemperatur $\tau = 17{,}5^\circ$ C.

Der genaue Durchmesser der Ausmündung dieser Röhre maaß $d = 1{,}014$ Centimeter, und die Länge der ganzen Röhre $l = 3{,}200$ Centimeter, folglich betrug $r = 0{,}5070$ und $F = \pi r^2 = 0{,}80755$ Quadratcentimeter. Das Mikrometer zeigte $z_0 = 5{,}3850$ Centimeter, während die Spitze desselben im Niveau der Mündungsmitte stand, und die Ausflußzeit eines Versuches betrug 80 Secunden. Folgende Tabelle enthält die unmittelbaren Versuchsresultate in Centimetern.

| Nummer des Versuches. | Mikrometerstand | | | Zeigerstand im Auffanger | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | am Anfang des Versuches $z_1$ | am Ende des Versuches $z_2$ | Differenz od. Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht. | am Anfang des Versuches $s_1$ | am Ende des Versuches $s_2$ | Differenz od. Höhe d. aufgefangenen Wasserschicht s. |
| 1 | 3,020 | 3,390 | 0,370 | 29,64 | 24,90 | 4,74 |
| 2 | 3,390 | 3,717 | 0,327 | 24,90 | 20,54 | 4,36 |
| 3 | 3,032 | 3,408 | 0,376 | 20,54 | 15,74 | 4,80 |
| 4 | 3,408 | 3,731 | 0,323 | 15,74 | 11,32 | 4,42 |
| 5 | 3,031 | 3,406 | 0,375 | 11,32 | 6,52 | 4,80 |
| 6 | 3,406 | 3,729 | 0,323 | 8,49 | 4,13 | 4,36 |

Die Mittelwerthe für die Versuche No. 1, 3 und 5 sind

$$z_1 = 3{,}0277, \quad z_2 = 3{,}4013 \text{ und } s = 4{,}78 \text{ Centimeter},$$

wonach die Druckhöhen $h_1 = 5{,}3850 - 3{,}0277 = 2{,}3573$ Centimeter,

$h_2 = 5{,}3850 - 3{,}4013 = 1{,}9837$ „

und $h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = (1{,}4720)^2 = 2{,}16678$ Centimeter folgen.

Ferner ist die effective Ausflußgeschwindigkeit

$$v_1 = \frac{V}{Ft} = \frac{Gs}{Ft} = \frac{702{,}25 \, . \, 0{,}0478}{0{,}80755 \, . \, 80} = 0{,}5196 \text{ Meter},$$

| Nummer. | Mündungen und Mundstücke. | d. Mündungs-durchmesser. | F. Mündungs-querschnitt. | t. Ausflußzeit. |
|---|---|---|---|---|
| | | Centimeter. | Qu.-Centimet. | Secunden. |
| 1. | | 0,405 | 0,12882 | 243,5<br>250<br>255 |
| 2. | Kreismündungen in der dünnen ebenen Wand (Fig. 12) | 1,010 | 0,80120 | 90 |
| 3. | | 1,408 | 1,55700 | 60 |
| 4. | | 1,985 | 3,09465 | 60 |
| 5. | | 2,529 | 5,02310 | 60 |
| 6. | Kreismündung in der conisch convergenten Wand mit dem Convergenzwinkel von 100 Grad (Fig. 15) . . . . | 1,020 | 0,81710 | 70 |
| 7. | Kreismündung in der conisch divergenten Wand mit dem Divergenzwinkel von 100 Grad (Fig. 16) . . . . | 1,020 | 0,81710 | 90 |
| 8. | Kurzes conoidisches Mundstück (Fig. 17) . . . . . . | 1,002 | 0,78850 | 60 |
| 9. | Kurze cylindrische Ansatzröhren, nahe 3 Mal so lang als weit (Fig. 13) . . . . . . . . . . . | 0,343 | 0,09240 | 355,5<br>368,5<br>386,5 |
| 10. | | 0,485 | 0,18475 | 332<br>360,5<br>400 |
| 11. | | 0,728 | 0,41625 | 136,5<br>151,25<br>172 |
| 12. | | 1,014 | 0,80755 | 80 |
| 13. | | 1,402 | 1,54380 | 60 |
| 14. | | 1,927 | 2,91640 | 60 |
| 15. | | 2,487 | 4,85780 | 30<br>40 |
| 16. | Kurze cylindrische Ansatzröhre, mit innerer Abrundung (Fig. 14) . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,014 | 0,80755 | 70 |
| 17. | Kurze schiefe Ansatzröhre. (Fig. 24.) Axenabweichung $\delta = 30$ Grad . . . . . . . . . . . . . . . | 1,005 | 0,79325 | 120 |
| 18. | Kurze innere Ansatzröhre (Fig. 20) . . . . . . . . | 1,010 | 0,80120 | 90 |
| 19. | Kurze conisch convergente Ansatzröhre (Fig. 18) mit dem Convergenzwinkel von 7°,9' . . . . . . . . . | 1,004 | 0,79170 | 60 |
| 20. | Eine gleiche, mit innerer Abrundung, und außen cylindrisch auslaufend (Fig. 19) . . . . . . . . . . | 1,012 | 0,80440 | 60 |
| 21. | Langes, conisches Doppelmundstück (DF, Fig. 23) . . | 0,966 | 0,73290 | 65 |
| 22. | Dasselbe abgekürzt (DE, Fig. 23) . . . . . . . . | 1,404 | 1,54820 | 60 |
| 23. | Kurze conisch divergente Röhre. (Fig. 21.) Divergenzwinkel = 3°, 24' . . . . . . . . . . . . . . . | 1,034 | 0,83970 | 90 |
| 24. | Eine weitere dergleichen, Divergenzwinkel = 8°, 4' . . | 1,541 | 1,86510 | 90 |
| 25. | Eine gleiche, mit Abrundung (Fig. 22) . . . . . . | 1,518 | 1,80980 | 70 |

| $h_1$. Druckhöhe am Anfang. | $h_2$. Druckhöhe am Ende. | h. Mittlere Druckhöhe. | s. Höhe der aufgefangenen Wasserschicht. | V. Volumen des ausgeflossenen Wassers. | $1+\frac{1}{32}\cdot\left(\frac{r}{h}\right)^2$ Correction. | v. Geschwindigkeit des Wassers. | $\mu$. Ausflußcoefficient. | $\zeta$. Widerstandscoefficient. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Centimeter. | Centimeter. | Centimeter. | Centimeter. | Cub.-Centim. | | Meter. | | |
| 2,2180 | 2,1620 | 2,2394 | — | 1496,042 | 1,000256 | 0,6628 | 0,7197 | — |
| 2,1620 | 2,0040 | 2,0822 | — | 1499,505 | 1,000296 | 0,6392 | 0,7267 | — |
| 2,0040 | 1,8450 | 1,9236 | — | 1494,904 | 1,000346 | 0,6143 | 0,7410 | — |
| 2,3707 | 2,0180 | 2,1907 | 4,7300 | 3321,643 | 1,001660 | 0,6556 | 0,7038 | — |
| 2,0180 | 1,6900 | 1,8504 | 4,4300 | 3110,367 | 1,002330 | 0,6025 | 0,7177 | — |
| 2,3735 | 1,9200 | 2,14066 | 5,8950 | 4139,763 | 1,003380 | 0,6481 | 0,6861 | — |
| 2,3505 | 1,5600 | 1,92952 | 10,7400 | 7542,165 | 1,008270 | 0,6153 | 0,6657 | — |
| 2,9698 | 1,5325 | 2,14915 | 18,1200 | 12724,770 | 1,010818 | 0,6494 | 0,6572 | — |
| 2,3433 | 2,0117 | 2,17415 | 4,3400 | 3047,764 | 1,001719 | 0,6531 | 0,8172 | — |
| 2,0117 | 1,7210 | 1,86349 | 3,9940 | 2804,790 | 1,002341 | 0,6047 | 0,8129 | — |
| 2,3583 | 2,0183 | 2,18507 | 4,8933 | 3085,195 | 1,001702 | 0,6548 | 0,6418 | — |
| 2,0183 | 1,7233 | 1,86786 | 4,1233 | 2895,587 | 1,002239 | 0,6054 | 0,6519 | — |
| 2,3440 | 2,0170 | 2,17739 | 4,2370 | 2975,433 | 1,001654 | 0,6289 | 0,9638 | 0,0765 |
| 2,0167 | 1,7210 | 1,86568 | 3,9000 | 2738,770 | 1,002253 | 0,5789 | 0,9589 | 0,0875 |
| 2,3380 | 2,1680 | 2,2523 | — | 1505,096 | 1,000181 | 0,4582 | 0,6894 | 1,1041 |
| 2,1680 | 2,0010 | 2,0837 | — | 1500,742 | 1,000212 | 0,4408 | 0,6895 | 1,1037 |
| 2,0010 | 1,8360 | 1,9177 | — | 1505,443 | 1,000250 | 0,4215 | 0,6874 | 1,1164 |
| 2,3350 | 2,0180 | 2,1737 | — | 3002,705 | 1,000389 | 0,4896 | 0,7499 | 0,7781 |
| 2,0180 | 1,6950 | 1,8530 | — | 3001,195 | 1,000535 | 0,4506 | 0,7478 | 0,7885 |
| 1,6950 | 1,3840 | 1,5355 | — | 3005,472 | 1,000779 | 0,4067 | 0,7416 | 0,8185 |
| 2,3270 | 1,9033 | 2,1571 | — | 2998,113 | 1,000890 | 0,5277 | 0,8118 | 0,5173 |
| 1,9033 | 1,6715 | 1,8290 | — | 2992,546 | 1,001238 | 0,4753 | 0,7945 | 0,5844 |
| 1,6715 | 1,3570 | 1,5102 | — | 2984,055 | 1,001815 | 0,4168 | 0,7671 | 0,6995 |
| 2,3570 | 1,9837 | 2,16678 | 4,7800 | 3356,755 | 1,001708 | 0,5196 | 0,7983 | 0,5693 |
| 1,9837 | 1,6593 | 1,81791 | 4,3800 | 3075,840 | 1,002438 | 0,4761 | 0,7991 | 0,5659 |
| 2,3550 | 1,8420 | 2,0907 | 6,7900 | 4768,269 | 1,003512 | 0,5148 | 0,8066 | 0,5371 |
| 1,8270 | 1,4080 | 1,6155 | 5,7600 | 4044,960 | 1,005884 | 0,4367 | 0,7802 | 0,6427 |
| 3,3718 | 2,3043 | 2,8126 | 14,6666 | 10299,664 | 1,003668 | 0,5859 | 0,7953 | 0,5812 |
| 2,3507 | 1,5290 | 1,9240 | 11,7133 | 8225,664 | 1,007840 | 0,4701 | 0,7711 | 0,6818 |
| 3,8823 | 2,6287 | 3,2251 | 17,2600 | 12121,033 | 1,004646 | 0,6238 | 0,7878 | 0,6112 |
| 2,3730 | 1,6673 | 2,0046 | 9,6400 | 6769,689 | 1,012025 | 0,4645 | 0,7496 | 0,7797 |
| 2,3486 | 2,0120 | 2,17680 | 4,3667 | 3066,515 | 1,001695 | 0,5424 | 0,8314 | 0,4466 |
| 2,0120 | 1,7163 | 1,86104 | 3,9967 | 2806,683 | 1,002319 | 0,4965 | 0,8235 | 0,4747 |
| 2,3860 | 1,9120 | 2,14241 | 6,0450 | 4245,200 | 1,001719 | 0,4460 | 0,6890 | 1,1063 |
| 1,9120 | 1,5305 | 1,71583 | 5,3400 | 3750,015 | 1,002680 | 0,3940 | 0,6608 | 1,1576 |
| 2,3647 | 1,9930 | 2,17470 | 4,8233 | 3387,163 | 1,001652 | 0,4697 | 0,7203 | 0,9274 |
| 2,3750 | 2,0470 | 2,20789 | 4,0725 | 2859,913 | 1,001615 | 0,6021 | 0,9162 | 0,1913 |
| 2,0470 | 1,7668 | 1,90412 | 3,7575 | 2638,704 | 1,002172 | 0,5555 | 0,9108 | 0,2056 |
| 2,3607 | 2,0343 | 2,19454 | 4,1534 | 2916,725 | 1,001661 | 0,6043 | 0,9225 | 0,1751 |
| 2,0343 | 1,7597 | 1,89447 | 3,7800 | 2654,505 | 1,002229 | 0,5500 | 0,9041 | 0,2233 |
| 2,3647 | 2,0497 | 2,20433 | 4,0300 | 2830,067 | 1,001500 | 0,5941 | 0,9047 | 0,2218 |
| [illegible] | 1,7763 | 1,93460 | 3,7500 | 2619,392 | 1,001948 | 0,5498 | 0,8942 | 0,2506 |
| 2,3557 | 1,8400 | 2,08975 | 7,5225 | 5282,676 | 1,003526 | 0,5687 | 0,8913 | 0,2589 |
| 2,3673 | 2,0420 | 2,19869 | 3,8800 | 2724,730 | 1,001728 | 0,3605 | 0,5499 | 2,3072 |
| [illegible] | 1,7177 | 1,87635 | 3,6133 | 2537,440 | 1,002372 | 0,3358 | 0,5547 | 2,2502 |
| 2,3667 | 1,8770 | 2,11440 | 6,2325 | 4376,773 | 1,004149 | 0,2607 | 0,4065 | 5,0521 |
| 2,3649 | 1,8417 | 2,09467 | 6,9025 | 4847,280 | 1,004103 | 0,3826 | 0,5993 | 1,7844 |

und da $1+\frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1+\frac{1}{32}\left(\frac{0,507}{2,167}\right)^2 = 1,00171$, so folgt der gesuchte Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{15,854 \,.\, 4,78 \,.\, 1,00171}{0,80755 \,.\, 80 \,.\, 1,4720} = 0,7986,$$

woraus der entsprechende Widerstandscoefficient $\zeta = \frac{1}{\mu^2} - 1 = 0,5693$ folgt.

Die Mittelwerthe der Versuchsresultate Nr. 2, 4 und 6 sind:

$$z_1 = 3,4013,\ z_2 = 3,7257 \text{ und } s = 4,38 \text{ Centimeter},$$

wonach die Druckhöhen $h_1 = 5,3850 - 3,4013 = 1,9837$,

$h_2 = 5,3850 - 3,7257 = 1,6593$, und

$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 1,34829^2 = 1,8179 \text{ Centimeter}.$$

Nun folgt die effective Ausflußgeschwindigkeit

$$v = \frac{Gs}{Ft} = \frac{702,25 \,.\, 0,0438}{0,80755 \,.\, 80} = 0,4761 \text{ Meter und}$$

da $1+\frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1+\frac{1}{32}\,.\left(\frac{0,507}{1,8179}\right)^2 = 1,00243$, so ergiebt sich der gesuchte Ausflußcoefficient:

$$\mu = \frac{v\left(1+\frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)}{\sqrt{2gh}} = \frac{0,022576 \,.\, 47,61 \,.\, 1,00243}{1,34829} = 0,7991,$$

sowie der entsprechende Widerstandscoefficient: $\zeta = \frac{1}{\mu^2} - 1 = 0,5659$.

**§. 9.** In Tabelle I. sind die Ergebnisse der Versuche über den Ausfluß des Wassers durch einfache Mundstücke, sowie die Resultate der auf sie gegründeten Berechnungen zusammengestellt. Die Temperatur des ausfließenden Wassers schwankte bei sämmtlichen Versuchen zwischen 15 und 18 Grad, wobei ein beachtungswerther Einfluß auf die Ausflußgeschwindigkeit nicht stattfand. Die speciellen Berechnungen dieser Versuche sind nach den oben entwickelten Formeln genau so ausgeführt worden, wie in den zwei letzten Beispielen. Die Bedeutungen der in den 12 Columnen enthaltenen Zahlenwerthe sind aus den Ueberschriften vollkommen zu ersehen. In der siebenten Columne fehlen bei engen Mündungen die Werthe von s, weil hier das ausfließende Wasser in einem Litergefäße, wie Fig. 5. aufgefangen worden ist; die 10te Columne giebt für die sieben Kreismündungen in der dünnen Wand die nach der Formel $v = \sqrt{2gh}$ berechneten theoretischen, dagegen für die übrigen, kurze Röhren bildenden Mundstücke, die mittels der Formel $v = \frac{V}{Ft}$ bestimmten effectiven Ausflußgeschwindigkeiten an. Die Widerstandscoefficienten, welche die letztere Columne enthält, sind nur für die letzten 18 Mundstücke nach der Formel $\zeta = \frac{1}{\mu^2} - 1$ berechnet worden, weil die Bestimmung der der Einheit nahe kommenden Widerstandscoefficienten für Mündungen in der dünnen Wand eine Messung der contrahirten Strahlen nöthig gemacht hätte.

Durch die 8 Versuche mit den Kreismündungen Nr. 1 bis Nr. 5 in der dünnen ebenen Wand, wovon die engste 0,408, und die weiteste 2,529 Centimeter Durchmesser hat, wird nachgewiesen, daß das bei größeren Druckhöhen beobachtete Gesetz, wonach der Ausflußcoefficient zunimmt, also die Contraction abnimmt, nicht allein wenn die Druckhöhe, sondern auch wenn die Mündungsweite eine kleinere wird (s. des Verfassers Ingen.- u. Masch.-Mechanik, Bd. I, Seite 791), auch noch bei sehr kleinen Druckhöhen stattfindet. Hiernach steigt z. B. der Ausflußcoefficient für die Kreismündung von 1 Centimeter Durchmesser bei 2 Centimeter Druckhöhe oder 0,6269 Meter theoretischer Ausflußgeschwindigkeit, bis auf $\mu = 0,711$, so daß sich nun in Verbindung mit den Angaben in §. 1 folgende Zusammenstellung machen läßt:

| Druckhöhe h | 0,020 | 0,101 | 0,909 | 13,574 | 103,578 |
|---|---|---|---|---|---|
| Ausflußcoefficient $\mu$ | 0,711 | 0,665 | 0,641 | 0,632 | 0,600 |

Während also die Druckhöhe allmälig von 0,021 auf 103,578 Meter, d. i. auf das 5179fache steigt, nimmt der Ausflußcoefficient für die Kreismündung in der dünnen ebenen Wand von 1 Centimeter Weite nach und nach von 0,711 bis 0,600, d. i. um 0,110, oder 15½ Procent ab. Auch ersieht man aus den Endergebnissen der gedachten 8 Versuche, daß auch bei dem Ausflusse unter diesem kleinen Drucke für Kreismündungen in der ebenen dünnen Wand,

deren Weiten von 0,405 bis 2,529 Centimeter allmälig wachsen, die Ausflußcoefficienten von 0,729 nach und nach bis auf 0,657 abnehmen.

Die Versuche unter Nr. 6 und Nr. 7 über den Ausfluß des Wassers durch eine 1 Centimeter weite Kreismündung in dünnen conischen Wänden weisen von Neuem nach, daß der Ausflußcoefficient für eine Mündung in der conisch convergenten Wand größer und der für eine solche in der conisch divergenten Wand kleiner ist, als für eine solche in der ebenen Wand (vergl. den Aufsatz über den Ausfluß unter hohem Druck auf Seite 7 und 8 im IX. Band dieser Zeitschrift); es ist nämlich bei der mittleren Druckhöhe von 2,02 Cent. für die Mündung von 100 Grad Convergenz, $\mu = 0,815$, und für die zweite von 100 Grad Divergenz, 0,646, während für eine gleichgroße Mündung in der ebenen Wand unter demselben Drucke, $\mu = 0,711$ gefunden worden ist.

Das kurze conoidische Mundstück in Fig. 17, welches bei hohem Drucke den Ausflußcoefficienten $\mu = 0,9945$ gab, lieferte hier, jedenfalls in Folge des größeren Reibungsverhältnisses, $\mu$ nur 0,961. Die Versuche Nr. 9 bis 15 geben eine größere Reihe von Ausflußversuchen mit kurzen cylindrischen Ansatzröhren, deren Länge l ungefähr drei Mal so groß ist als ihre Weite d. Es sind bei diesen kleinen Druckhöhen von 1,51 bis höchstens 3,23 Centimeter die Ausflußcoefficienten dieser Mundstücke kleiner als beim Ausflusse unter einem mittleren Drucke, da aber, der Versuchsreihe Nr. 1 bis Nr. 5 zu Folge, die Contractionscoefficienten $\alpha$ bei diesen kleinen Druckhöhen größer sind als bei mittleren und großen Druckhöhen, so muß die Abnahme der Ausflußcoefficienten kurzer cylindrischer Ansatzröhren bei kleinem Drucke dem Wachsen der Reibung des Wassers an der Röhrenwand beigemessen werden. Besonders klein fallen die Ausflußcoefficienten bei den beiden engen Ansatzröhren aus, deren Weiten noch unter 0,5 Centimeter messen; es ist hier im Mittel für d = 0,343 Centimeter, $\mu = 0,688$, und für d = 0,485 Centimeter, $\mu = 0,746$; wogegen bei den kurzen Ansatzröhren von 0,728 bis 2,487 Centimeter Weite, die Ausflußcoefficienten nur zwischen 0,75 und 0,81 schwanken. Den kleineren Werthen der Ausflußcoefficienten für den Ausfluß des Wassers unter kleinem Drucke entsprechen natürlich dagegen größere Werthe der Widerstandscoefficienten, welche hier stets über 0,517 ausfallen, und bei den engsten Röhren sogar bis auf 1,116 steigen. Die kurze cylindrische Ansatzröhre mit innerer Abrundung (Fig. 14) giebt unter Nr. 16 zwar einen größeren Ausflußcoefficienten als eine gleiche Röhre ohne Abrundung (Nr. 12), jedoch ist hier der Unterschied lange nicht so groß, als beim Ausfluß unter mittlerem Drucke. (Vergl. des Verfassers Experimentalhydraulik, Seite 83.) Dagegen giebt Nr. 17 an einer schiefen Ansatzröhre auch hier einen bedeutend kleineren Ausflußcoefficienten ($\mu = 0,685$) als bei einer gleichen Röhre mit winkelrechter Axe ($\mu = 0,798$). Bei dem Ausflusse des Wassers (Nr. 18) durch eine kurze innere Ansatzröhre (Fig. 20) war ein freier contrahirter Strahl nicht zu erlangen; es fand hier ein ziemlich stark pulsirender Ausfluß mit gefülltem Querschnitt statt, wobei im Mittel $\mu = 0,720$ ausfiel.

Die kurze conische Röhre Fig. 18 mit 7° 9′ Convergenz, sowie die conische Röhre Fig. 19 mit innerer Abrundung geben in Nr. 19 und Nr. 20 den mittleren Ausflußcoefficienten $\mu = 0,913$, und zwar viel kleiner als beim Ausflusse unter hohem Drucke (s. die oben citirte Abhandlung in Band IX dieser Zeitschrift). Ebenso ist es, Nr. 21 und Nr. 22 zu Folge, bei dem längeren conischen Mundstück DF und bei dem kürzeren conischen Mundstück DE, Fig. 23, mit nahe dem doppelten Mündungsquerschnitt. Es ist z. B. hier für die ganze oder längere Röhre $\mu = 0,900$ gefunden worden, dagegen bei dem Ausflusse unter hohem Drucke, $\mu = 0,994$ (s. Seite 18 der gedachten Abhandlung).

Die kurzen conisch divergenten Röhren zeichnen sich aus bekannten Gründen durch kleine Ausflußcoefficienten aus (s. die Ingen.- u. Masch.-Mechanik, Seite 858.) Mit der Röhre Nr. 24 von 8° 4′ Convergenz und 4 Centimeter Länge ist beim Ausflusse unter mittlerem Drucke (s. Seite 828 d. cit. W.) $\mu = 0,395$ gefunden worden, und hier nahe derselbe Werth, $\mu = 0,406$; die Röhre Nr. 25 mit innerer Abrundung gab dagegen bei dem Versuche unter mittlerem Drucke, $\mu = 0,758$, also viel größer als hier, wo $\mu = 0,599$ ausgefallen ist. Ueberhaupt ist die Vergrößerung der Ausflußmenge, welche durch Abrundung der Einmündung kurzer cylindrischer und conischer Röhren hervorgebracht wird, beim Ausflusse unter kleinem Drucke nicht so bedeutend als beim Ausflusse unter mittlerem Drucke.

§. 10. Die Versuche über den Ausfluß des Wassers durch lange Glas-, Messing- und Zinkröhren sind im Ganzen auf dieselbe Weise ausgeführt und berechnet worden, wie die über den Ausfluß durch kurze einfache Mundstücke. Nur mußte bei Bestimmung der Druckhöhe das Röhrengefälle mit eingerechnet werden. Um die Reibungscoefficienten dieser Röhren bestimmen zu können, war es auch noch nöthig, besondere Versuche über den Ausfluß durch das vereinigte Ein- und Ausmündungsstück derselben anzustellen, und die durch diese Versuche bestimmten Widerstandscoefficienten $\zeta_0$ von den Widerstandscoefficienten der ganzen Röhre abzuziehen. Wie die Berechnung der Versuche über den Widerstand des Wassers in langen Röhren geführt worden ist, führt folgendes Beispiel vor Augen:

1) Ausfluß durch das vereinigte Ein- und Ausmündungsstück für die langen Röhren von circa 1 Centimeter Weite. Das Einmündungsstück bestand in einer kurzen cylindrischen Ansatzröhre mit innerer Abrundung, das

Ausmündungsstück, welches von den langen Röhren ab- und an das Einmündungsstück angeschraubt war, bestand in einer kurzen cylindrischen Röhre von 5 Centimeter Länge und 1,012 Centimeter Mündungsweite. Der Inhalt des entsprechenden Querschnittes der Ausmündung maaß $F = 0{,}8044$ Quadratcentimeter. Die Temperatur des ausfließenden Wassers betrug $14^0{,}5$ C., das Mikrometer stand bei Null Druckhöhe auf $z_0 = 5{,}384$ Centimeter, und die Ausflußzeit eines Versuches war: $t = 90$ Secunden.

Folgende Tabelle enthält die Beobachtungsresultate in Centimetern.

| Nummer des Versuches. | Mikrometerstand | | | Wasserstand im Auffanger | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | am Anfange des Versuches $z_1$ | am Ende des Versuches $z_2$ | Differenz od. Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht. | am Anfang des Versuches $s_1$ | am Ende des Versuches $s_2$ | Differenz od. Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht. |
| 1 | 3,024 | 3,412 | 0,388 | 29,65 | 24,44 | 5,21 |
| 2 | 3,412 | 3,767 | 0,355 | 24,44 | 19,79 | 4,65 |
| 3 | 3,032 | 3,432 | 0,400 | 19,79 | 14,62 | 5,17 |
| 4 | 3,432 | 3,764 | 0,332 | 14,62 | 10,02 | 4,60 |
| 5 | 3,035 | 3,381 | 0,346 | 14,85 | 10,03 | 4,82 |
| 6 | 3,381 | 3,710 | 0,329 | 10,03 | 5,66 | 4,34 |
| 7 | 3,055 | 3,408 | 0,353 | 19,80 | 15,03 | 4,77 |
| 8 | 3,408 | 3,738 | 0,330 | 15,03 | 10,55 | 4,48 |

Für die Versuche Nr. 1, 3, 5 und 7 sind die Mittelwerthe folgende:

$z_1 = 3{,}0365$, $z_2 = 3{,}4082$ und $s = 4{,}9925$ Centimeter,

wonach die Druckhöhe am Anfang:

$h_1 = z_0 - z_1 = 5{,}3840 - 3{,}0365 = 2{,}3475$, die am Ende

$h_2 = z_0 - z_2 = 1{,}9758$ und die mittlere Druckhöhe

$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 2{,}1576$ Centimeter folgt.

Nun ist die effective Ausflußgeschwindigkeit:

$$v = \frac{7{,}0225 \, . \, s}{F t} = \frac{7{,}0225 \, . \, 4{,}9925}{0{,}8044 \, . \, 90} = 0{,}4843 \text{ Fuß und}$$

$$1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}506}{2{,}1576}\right)^2 = 1{,}00172;$$ daher folgt der Ausflußcoefficient dieses Mundstückes:

$$\mu = \frac{v\left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)}{\sqrt{2gh}} = \frac{0{,}4843 \, . \, 1{,}00172}{\sqrt{19{,}62 \, . \, 0{,}021576}} = 0{,}7456,$$

und der entsprechende Widerstandscoefficient: $\zeta_0 = \frac{1}{\mu^2} - 1 = 0{,}7988$.

Für die Versuche Nr. 2, 4, 6 und 8 ergeben sich folgende Mittelwerthe:

$z_1 = 3{,}4082$, $z_2 = 3{,}7447$, und $s = 4{,}5175$ Centimeter,

wonach die Druckhöhen

$h_1 = z_0 - z_1 = 1{,}9758$, $h_2 = z_0 - z_2 = 1{,}6393$ und $h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 1{,}8036$ Centimeter folgt.

Nun ist die effective Ausflußgeschwindigkeit

$$v_1 = \frac{7{,}0225 \, . \, 4{,}5175}{72{,}396} = 0{,}4382 \text{ Fuß}$$

und $1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}506}{1{,}8036}\right)^2 = 1{,}00246$, daher folgt der Ausflußcoefficient

$$\mu = \frac{0{,}4382 \, . \, 1{,}00246}{\sqrt{19{,}62 \, . \, 0{,}019758}} = 0{,}73845,$$

und der entsprechende Widerstandscoefficient: $\zeta_0 = \frac{1}{\mu^2} - 1 = 0{,}8338$.

Das Mittel aus beiden Werthen des gefundenen Widerstandscoefficienten ist $\zeta_0 = 0{,}8163$.

2) Ausfluß durch die 1 Centimeter weite und 200 Centimeter lange Messingröhre mit dem Ein- und Ausmündungsstücke der vorstehenden Versuchsreihe.

Bei der einen Versuchsreihe war die Temperatur des ausfließenden Wassers im Mittel $\tau = 16{,}5$ Grade, das Ansteigen der Röhre $h_0 = 0{,}920$ Centimeter, der Mikrometerstand $z_0$ bei 0 der Druckhöhe, $z_0 = 5{,}345$ Centimeter, und die Ausflußzeit $t = 240$ Secunden.

Die Beobachtungsresultate derselben giebt folgende Tabelle in Centimetern an.

| Nummer des Versuches. | Mikrometerstand | | | Wasserstand im Auffanger | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | am Anfang des Versuches $z_1$ | am Ende des Versuches $z_2$ | Differenz od. Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht. | am Anfang des Versuches $s_1$ | am Ende des Versuches $s_2$ | Differenz od. Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht. |
| 1 | 1,546 | 2,009 | 0,463 | 29,32 | 23,20 | 6,12 |
| 2 | 2,009 | 2,412 | 0,403 | 23,20 | 17,73 | 5,47 |
| 3 | 1,526 | 1,985 | 0,459 | 17,73 | 11,57 | 6,16 |
| 4 | 1,985 | 2,388 | 0,403 | 11,57 | 6,19 | 5,38 |
| 5 | 1,495 | 1,956 | 0,461 | 29,04 | 22,92 | 6,12 |
| 6 | 1,956 | 2,365 | 0,409 | 22,92 | 17,33 | 5,59 |

Für die Versuche No. 1, 3 und 5 sind die Mittelwerthe folgende:

$$z_1 = 1{,}5223,\quad z_2 = 1{,}9833 \text{ und } s = 6{,}133 \text{ Centimeter.}$$

Mit Berücksichtigung des Ansteigens der Röhre folgt nun die Druckhöhe am Anfang

$$h_1 = z_0 - h_0 - z_1 = 5{,}345 - 0{,}920 - 1{,}5223 = 4{,}4250 - 1{,}5223 = 2{,}9021 \text{ Centimeter,}$$

ferner die am Ende des Versuches:

$$h_2 = z_0 - h_0 - z_2 = 4{,}4250 - 1{,}9833 = 2{,}4417 \text{ Centimeter,}$$

woraus nun die mittlere Druckhöhe $h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = \left(\frac{1{,}70373 + 1{,}56259}{2}\right)^2 = 2{,}6672$ Centimeter folgt.

Die effective Ausflußgeschwindigkeit ist $v = \frac{7{,}0225 \,.\, 6{,}133}{0{,}8044 \,.\, 240} = 0{,}22309$ Meter, und

$$1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 \text{ ist } 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}506}{2{,}6672}\right)^2 = 1{,}001125;$$

daher ergiebt sich der gesuchte Ausflußcoefficient der ganzen Röhre:

$$\mu_1 = \frac{0{,}22309 \,.\, 1{,}001125}{\sqrt{19{,}62 \,.\, 0{,}026672}} = 0{,}3088,$$

und der entsprechende Widerstandscoefficient: $\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1 = 9{,}4900$.

Hiervon den mittleren Widerstandscoefficienten $\zeta_0 = 0{,}8163$ für das Ein- und Ausmündungsstück abgezogen, folgt der Widerstandscoefficient für die eingeschaltete lange Messingröhre:

$$\zeta_1 - \zeta_0 = 9{,}4900 - 0{,}8163 = 8{,}6737.$$

Den Versuchen über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke zu Folge (s. Bd. IX, Seite 22) ist die mittlere Röhrenweite $d_1 = 1{,}0378$ Centimeter, bei der Röhrenlänge $l_1 = 200$ Centimeter, folglich ergiebt sich der Reibungscoefficient dieser Röhre:

$$\zeta = (\zeta_1 - \zeta_0)\left(\frac{d_1}{d}\right)^4 \frac{d_1}{l_1} = 8{,}6737 \frac{(1{,}0378)^5}{(1{,}0124)^4 \,.\, 200}$$
$$= 0{,}04978.$$

Da der mittleren Röhrenweite $d_1 = 1{,}0378$ Centimeter, der Röhrenquerschnitt $F_1 = 0{,}8459$ Quadratcentimeter zukommt, so ist die entsprechende mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre:

$$v_1 = \frac{7{,}0225 \,.\, s}{F_1 t} = \frac{7{,}0225 \,.\, 6{,}133}{0{,}8459 \,.\, 240} = 0{,}21215 \text{ Meter.}$$

Die Versuche Nr. 2, 4 und 6 führen auf folgende Mittelwerthe:

$$z_1 = 1{,}9833,\quad z_2 = 2{,}3883 \text{ und } s = 5{,}4800 \text{ Centimeter,}$$

wonach sich folgende Werthe der Druckhöhen ergeben:

$$h_1 = 4{,}4250 - 1{,}9833 = 2{,}4417,$$
$$h_2 = 4{,}4250 - 2{,}3883 = 2{,}0367, \text{ und}$$
$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 2{,}2346 \text{ Centimeter.}$$

Nun ist die effective Ausflußgeschwindigkeit

## Tafel II. Die Resultate der Versuche über die Reibung

| | Angabe der bei den Versuchen verwendeten Mundstücke und Röhren. | d. Mündungsdurchmesser. | F. Mündungsquerschnitt. | t. Ausflußzeit. | $h_1$. Druckhöhe am Anfang. | $h_2$. Druckhöhe am Ende. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Centimet. | Qu.-Centim. | Secunden. | Centimet. | Centim. |
| I. | Das Ein- und Ausmündungsstück für die folgende Glasröhre Nr. 1 . . | 0,337 | 0,089197 | 279<br>286<br>292,5 | 4,340<br>4,162<br>3,985 | 4,16[illegible]<br>3,98[illegible]<br>3,816 |
| | Die engste Glasröhre Nr. 1. Länge $l_1$ = 158,7 Centimeter . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 0,29714 Centimeter . Fallen = 0,25 Centim., Temperatur $\tau$ = 14° C. des Wassers | 0,337 | 0,089197 | 952,5<br>987,5<br>986<br>1018 | 5,588<br>5,474<br>5,350<br>5,233 | 5,474<br>5,350<br>5,233<br>5,135 |
| | Das Ein- und Ausmündungsstück für die folgende Glasröhre Nr. 2 . . | 0,483 | 0,18322 | 288<br>310,5<br>335 | 3,325<br>3,014<br>2,694 | 3,014<br>2,694<br>2,375 |
| | Die Glasröhre Nr. 2. Länge $l_1$ = 157,5 Centimeter . . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 0,47074 Centimeter . . . Steigen = 0,455 Centim., Temperatur $\tau$ = 18° | 0,483 | 0,18322 | 1369,5<br>1525,5 | 3,871<br>3,530 | 3,530<br>3,204 |
| | Die kurze cylindrische Ansatzröhre mit Ausmündungsstück für die folgende Glasröhre Nr. 3 . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,723 | 0,41055 | 145,5<br>161,66<br>179,83 | 2,3354<br>2,0054<br>1,6814 | 2,005[illegible]<br>1,681<br>1,361 |
| | Die Glasröhre Nr. 3. Länge $l_1$ = 162,0 Centimeter . . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 0,71710 Centimeter . . . Fallen = 0,055 Centim., Temperatur $\tau$ = 17° | 0,723 | 0,41055 | 354,75<br>396,25<br>447,25 | 3,3775<br>3,0465<br>2,7275 | 3,046<br>2,727<br>2,400 |
| | Die kurze cylindrische Ansatzröhre innen abgerundet mit Ausmündungsstück, für die folgende Glasröhre Nr. 4 und Messingröhre Nr. 1 . | 1,012 | 0,80440 | 90 | 2,3475<br>1,9757 | 1,975<br>1,639 |
| | Die Glasröhre Nr. 4. Länge $l_1$ = 203,5 Centimeter . . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 1,06528 Centimeter . . . Fallen = 0,78 Centim., Temperatur $\tau$ = 16°,5 | 1,012 | 0,80440 | 240 | 3,1453<br>2,6157 | 2,615<br>2,158 |
| | Das Ein- und Ausmündungsstück für die folgende Glasröhre Nr. 5 und Messingröhre Nr. 2. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,402 | 0,54380 | 60 | 2,3473<br>1,8666 | 1,866<br>1,452 |
| | Die Glasröhre Nr. 5. Länge $l_1$ = 170,6 Centimeter . . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 1,4302 Centimeter . . . 1. Fallen = 0,73 Centim., Temperatur $\tau$ = 18°,5 2. Fallen = 0,16 Centim., Temperatur $\tau$ = 15°,3 | 1,402 | 0,54380 | 120 | 3,1043<br>2,5150<br>2,0690<br>1,6790 | 2,523<br>2,069<br>1,678<br>1,339 |
| II. | Die Messingröhre Nr. 1. Länge $l_1$ = 200 Centimeter . . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 1,0378 Centimeter . . 1. Fallen = 0,72 Centim., Temper. $\tau$ = 13°,8 2. Steigen = 0,92 Centim., Temper. $\tau$ = 16°,5 | 1,012 | 0,80440 | 240<br>240<br>300 | 3,0810<br>2,6670<br>2,9027<br>2,4417<br>1,4190<br>1,1990 | 2,66[illegible]<br>2,291<br>2,441<br>2,03[illegible]<br>1,19[illegible]<br>0,97[illegible] |
| | Die Messingröhre Nr. 2. Länge $l_1$ = 298,1 Centimeter . . . . . Mittlere Weite $d_1$ = 1,4336 Centimeter . . Fallen = 0,54 Centim., Temperatur $\tau$ = 18°,5 | 1,402 | 1,54380 | 180 | 2,9016<br>2,2100 | 2,21[illegible]<br>1,64[illegible] |
| III. | Das Ein- und Ausmündungsstück für die folgende Zinkröhre Nr. 1 . . | 3,315 | 8,63091 | 30 | 4,3593 | 2,47[illegible] |
| | Die Zinkröhre Nr. 1. Länge $l_1$ = 342 CM., mittl. Weite $d_1$ = 3,22683 CM. Fallen = 0,02 Centimeter, Temperatur $\tau$ = 15°,5 | 3,315 | 8,63091 | 60 | 4,3535 | 2,48[illegible] |
| | Das Ein- und Ausmündungsstück für die folg. Zinkröhren Nr. 2, 3 u. 4 | 2,462 | 4,76065 | 60 | 2,8620 | 1,48 |
| | Die Zinkröhre Nr. 2, $l_1$ = 311 Centimeter, $d_1$ = 2,4799 Centimeter, Steigen = 0,34 Centim., $\tau$ = 18°,5 | 2,445 | 4,69514 | 120 | 3,0215 | 1,55 |
| | Die zweifache Zinkröhre Nr. 3, $l_1$ = 673,8 Centim., $d_1$ = 2,49908 Centim., Fallen = 0,86 Centimeter, Temperatur $\tau$ = 18°,5 | 2,445 | 4,69514 | 120 | 3,7143 | 2,43 |
| | Die dreifache Zinkröhre Nr. 4, $l_1$ = 1016 Centim., $d_1$ = 2,49493 Centim., Steigen = 0,82 Centimeter, $\tau$ = 19° | 2,445 | 4,69514 | 240 | 3,5115 | 1,69 |

## des Wassers bei sehr kleinen Geschwindigkeiten.

| h. Mittlere Druckhöhe. | s. Höhe der aufgefangenen Wasserschicht. | V. Volumen des ausgeflossenen Wassers. | $1+\frac{1}{32}\cdot\left(\frac{r}{h}\right)^2$ Correction. | v. Mittlere Ausflußgeschwindigkeit des Wassers. | $\mu_1$. Ausflußcoefficient. | $\zeta_1$. Widerstandscoefficient der Röhre. | $\zeta_0$. Widerstandscoefficient des Mundstücks. | $\zeta_1-\zeta_0$. Differenz. | $v_1$. Mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre. | $\zeta$. Reibungscoefficient. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Centimeter. | Centimeter. | Cub.-Centim. | | Meter. | | | | | | |
| 4,23061 | — | 1493,320 | 1,000049 | 0,6001 | 0,6571 | 1,31588 | — | — | — | — |
| 4,07293 | — | 1498,120 | 1,000053 | 0,5873 | 0,6570 | 1,31688 | — | — | — | — |
| 3,90003 | — | 1498,021 | 1,000058 | 0,5742 | 0,6564 | 1,32080 | — | — | — | — |
| 5,53096 | — | 498,516 | 1,000029 | 0,0587 | 0,0563 | 314,17672 | 1,31785 | 312,85887 | 0,0755 | 0,3540 |
| 5,41190 | — | 500,000 | 1,000030 | 0,0568 | 0,0551 | 328,50560 | 1,31785 | 327,18775 | 0,0730 | 0,3703 |
| 5,29138 | — | 498,516 | 1,000032 | 0,0567 | 0,0556 | 322,10400 | 1,31785 | 320,78615 | 0,0729 | 0,3630 |
| 5,18291 | — | 500,000 | 1,000033 | 0,0551 | 0,0546 | 334,35515 | 1,31785 | 337,03730 | 0,0708 | 0,3769 |
| 3,1677 | — | 3002,278 | 1,000182 | 0,5690 | 0,7218 | 0,91929 | — | — | — | — |
| 2,8517 | — | 3000,431 | 1,000224 | 0,5274 | 0,7052 | 1,01066 | — | — | — | — |
| 2,5316 | — | 2996,306 | 1,000284 | 0,4882 | 0,6928 | 1,08324 | — | — | — | — |
| 3,4965 | — | 2997,291 | 1,000133 | 0,1195 | 0,1402 | 49,84524 | 1,00440 | 48,84084 | 0,1258 | 0,1317 |
| 3,3650 | — | 2995,443 | 1,000161 | 0,1072 | 0,1319 | 56,46775 | 1,00440 | 55,46335 | 0,1128 | 0,1496 |
| 2,1673 | — | 2988,301 | 1,000869 | 0,5003 | 0,7678 | 0,69618 | — | — | — | — |
| 1,8400 | — | 3000,308 | 1,001206 | 0,4520 | 0,7553 | 0,76244 | — | — | — | — |
| 1,5172 | — | 2994,889 | 1,001774 | 0,4056 | 0,7448 | 0,80266 | — | — | — | — |
| 3,3099 | — | 2999,569 | 1,000396 | 0,2060 | 0,2596 | 13,83576 | 0,75376 | 13,08200 | 0,2094 | 0,05604 |
| 2,9447 | — | 2996,860 | 1,000491 | 0,1842 | 0,2450 | 15,66186 | 0,75376 | 14,90810 | 0,1873 | 0,06386 |
| 2,5614 | — | 3000,246 | 1,000622 | 0,1634 | 0,2306 | 17,80148 | 0,75376 | 17,04772 | 0,1661 | 0,07303 |
| 2,1574 | 4,9925 | 3505,983 | 1,001719 | 0,4843 | 0,7456 | 0,79878 | — | — | — | — |
| 1,8036 | 4,5175 | 3172,415 | 1,002460 | 0,4382 | 0,7385 | 0,83375 | — | — | — | — |
| 2,8744 | 7,1600 | 5028,110 | 1,000968 | 0,2605 | 0,3472 | 7,29788 | 0,81626 | 6,48162 | 0,2351 | 0,04165 |
| 2,3815 | 6,3200 | 4438,220 | 1,001411 | 0,2299 | 0,3368 | 7,81607 | 0,81626 | 6,99981 | 0,2075 | 0,04500 |
| 2,1002 | 6,5000 | 4564,625 | 1,003482 | 0,4928 | 0,7704 | 0,68507 | — | — | — | — |
| 1,6330 | 5,6200 | 3946,645 | 1,005620 | 0,4261 | 0,7524 | 0,76660 | — | — | — | — |
| 2,8065 | 7,8266 | 5496,229 | 1,001950 | 0,2967 | 0,4006 | 5,23128 | 0,72584 | 4,50544 | 0,2851 | 0,04090 |
| 2,3867 | 6,0733 | 4264,997 | 1,002937 | 0,2302 | 0,3447 | 7,41537 | 0,72584 | 6,68953 | 0,2212 | 0,06073 |
| 1,6692 | 5,3100 | 3728,947 | 1,004395 | 0,2013 | 0,3338 | 7,97267 | 0,72584 | 7,24683 | 0,1934 | 0,06579 |
| 1,3038 | 4,7033 | 3302,892 | 1,006791 | 0,1783 | 0,3305 | 8,15727 | 0,72584 | 7,43143 | 0,1713 | 0,06747 |
| 2,6703 | 5,5900 | 3925,577 | 1,000971 | 0,2033 | 0,2712 | 12,59410 | 0,81626 | 11,77784 | 0,1934 | 0,06758 |
| 2,4754 | 5,0800 | 3567,430 | 1,001306 | 0,1848 | 0,2655 | 13,18662 | 0,81626 | 12,37036 | 0,1757 | 0,07099 |
| 2,4672 | 6,1333 | 4307,110 | 1,001125 | 0,2231 | 0,3088 | 9,49003 | 0,81626 | 8,67377 | 0,2122 | 0,04977 |
| 2,3346 | 5,4800 | 3848,330 | 1,001602 | 0,1993 | 0,3015 | 9,99850 | 0,81626 | 9,18224 | 0,1896 | 0,05269 |
| 1,3064 | 2,7766 | 1949,867 | 1,004688 | 0,1010 | 0,2004 | 23,89390 | 0,81626 | 23,07764 | 0,0960 | 0,13243 |
| 1,0631 | 2,9600 | 2078,660 | 1,006821 | 0,0861 | 0,1881 | 27,25482 | 0,81626 | 26,43856 | 0,0819 | 0,15171 |
| 2,3440 | 9,2500 | 6495,813 | 1,002373 | 0,2358 | 0,3317 | 8,09114 | 0,72581 | 7,36530 | 0,2236 | 0,03872 |
| 1,9173 | 7,5833 | 5325,392 | 1,004175 | 0,1916 | 0,3137 | 9,16058 | 0,72584 | 8,43444 | 0,1833 | 0,04434 |
| 3,3329 | 25,7700 | 18096,980 | 1,007636 | 0,7044 | 0,8683 | 0,32643 | — | — | — | — |
| 3,3349 | 25,1550 | 17665,098 | 1,007628 | 0,3411 | 0,4237 | 4,57153 | 0,32643 | 4,24510 | 0,3600 | 0,03434 |
| 2,1153 | 18,8775 | 13256,721 | 1,010583 | 0,4641 | 0,7280 | 0,88665 | — | — | — | — |
| 2,3359 | 19,9625 | 14018,664 | 1,009426 | 0,2488 | 0,3801 | 5,92324 | 0,88665 | 5,03659 | 0,2418 | 0,04251 |
| 3,0994 | 17,4025 | 12220,890 | 1,005055 | 0,2169 | 0,2823 | 11,54740 | 0,88665 | 10,66075 | 0,2076 | 0,04316 |
| [illegible] | 24,2500 | 17029,558 | 1,007331 | 0,2511 | 0,2163 | 20,36757 | 0,88665 | 19,48092 | 0,1451 | 0,05187 |

$$v = \frac{7{,}0225 \,.\, 5{,}4800}{0{,}8044 \,.\, 240} = 0{,}19934 \text{ Meter, und}$$

$$1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32}\cdot\left(\frac{0{,}506}{1{,}2349}\right)^2 = 1{,}001602,$$

daher folgt der Ausflußcoefficient für die ganze Röhre:

$$\mu = \frac{0{,}19934 \,.\, 1{,}001602}{\sqrt{19{,}62 \,.\, 0{,}022346}} = 0{,}30154,$$

und der entsprechende Widerstandscoefficient:

$$\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1 = 9{,}9982.$$

Aus den Werthen $\zeta_1 = 10{,}1208$ und $\zeta_0 = 0{,}8163$ der Widerstandscoefficienten folgt nun der Reibungscoefficient der Röhre:

$$\zeta = (\zeta_1 - \zeta_0)\frac{d_1^5}{d^4 l_1} = 0{,}1846 \,.\, 0{,}0057387 = 0{,}052708,$$

wobei die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre

$$v_1 = \frac{7{,}0225 \,.\, 5{,}480}{203{,}016} = 0{,}18956 \text{ Meter}$$

beträgt.

Auf dieselbe Weise sind sämmtliche Versuche über den Ausfluß des Wassers durch lange Röhren berechnet worden.

§. 11. In Tabelle II sind die Resultate der Versuche über die Reibung des Wassers in langen Röhren bei sehr kleinen Geschwindigkeiten, sowie die hieraus berechneten Endresultate zusammengestellt. Die Bedeutung der Zahlen in der ersten Columne dieser Tabelle sind genau dieselben, wie in Taf. I für die Versuche mit kurzen Mündungsstücken; es sind aber hier unter $h_1$ und $h_2$ die vollständigen Druckhöhen, vom Oberwasserspiegel bis Mitte der Ausmündung der ganzen Röhren gemessen, zu verstehen. Die 12te Columne giebt sowohl die mittels der Formel $\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1$ aus dem Ausflußcoefficienten $\mu_1$ berechneten Werthe der Widerstandscoefficienten der zu einem Ganzen verbundenen Ein- und Ausmündungsstücke, als auch die mittels derselben Formel berechneten Widerstandscoefficienten der vollständigen Röhren an. Ferner enthält Columne (13) die zusammengehörigen Mittelwerthe $\zeta_0$ der Widerstandscoefficienten von den Ein- und Ausmündungsstücken, und Columne (14) die um diese Werthe verminderten Widerstandscoefficienten der vollständigen Röhren, d. i. die Widerstandscoefficienten $\zeta_1 - \zeta_0$ der langen Mittelstücke dieser Röhren.

Noch sind in der Columne (15) die aus den mittleren Weiten dieser Mittelstücke mittels der Formel $v_1 = \frac{As}{F_1 t} = \frac{4As}{\pi d_1^2 t}$ berechneten mittleren Geschwindigkeiten des Wassers in diesen Röhren aufgeführt, und schließlich giebt Columne (16) die nach der Formel $\zeta = (\zeta_1 - \zeta_0)\left(\frac{d_1}{d}\right)^4 \frac{d_1}{l_1}$ aus den Längen $l_1$ und Weiten $d_1$ dieser Röhren berechneten Coefficienten der Reibung des Wassers in denselben an.

Die Ergebnisse dieser Versuche stimmen sämmtlich darin überein, daß der Reibungscoefficient $\zeta$ des Wassers außerordentlich groß ausfällt, wenn die Geschwindigkeit des Wassers sehr klein ist. Für die engste Glasröhre von nahe 3 Millimeter Weite erreicht z. B. bei einer mittleren Wassergeschwindigkeit von 0,073 Meter der Reibungscoefficient im Mittel die Größe $\zeta = 0{,}366$, wogegen er für die 4,71 Millimeter weite Glasröhre bei 0,119 Meter Geschwindigkeit im Mittel $\zeta = 0{,}1406$ ausfällt, und für die 7,17 Millimeter weite Glasröhre bei 0,1876 Meter mittlerer Geschwindigkeit im Mitel bis auf $\zeta = 0{,}0643$ herabgeht. Dieses Abnehmen des Reibungscoefficienten mit dem Wachsen der Geschwindigkeit findet auch noch bei weiteren Röhren statt. Es giebt die Glasröhre von 10,65 Millimeter Weite, bei 0,2213 Meter Geschwindigkeit des Wassers, im Mittel $\zeta = 0{,}04335$ und die von 14,30 Millimeter Weite, bei 0,2177 Meter Geschwindigkeit, $\zeta = 0{,}0587$.

Die Reibungscoefficienten für den Durchgang des Wassers durch die langen Messingröhren sind nahe dieselben, wie die für die Bewegung des Wassers in Glasröhren. Die engere Messingröhre von 10,378 Millimeter Weite giebt im Mittel

für $v_1 = 0{,}2028$ Meter, $\zeta = 0{,}0587$,
„ $v_1 = 0{,}1826$ „ , $\zeta = 0{,}0618$,
und „ $v_1 = 0{,}0890$ „ , $\zeta = 0{,}1420$.

Wenn wir oben angegeben haben, daß bei derselben Röhre

für $v = 20{,}99$ Meter, $\zeta = 0{,}01690$,
„ $v = 12{,}32$ „ , $\zeta = 0{,}01784$,
„ $v = 8{,}64$ „ , $\zeta = 0{,}01869$,
„ $v = 2{,}02$ „ , $\zeta = 0{,}02725$,
„ $v = 0{,}485$ „ , $\zeta = 0{,}03453$,

ausfallen, so können wir nun noch hinzufügen, daß

für $v = 0{,}2028$ Meter, $\zeta = 0{,}0587$,
„ $v = 0{,}0890$ „ , $\zeta = 0{,}1420$

zu setzen ist, und sich hiernach die Constanten einer empirischen Function $\zeta = \psi(v)$ ermitteln lassen.

Für die weitere Messingröhre, deren mittlerer Durchmesser $d_1 = 14{,}336$ Millimeter mißt, ist ferner, der Tabelle zu Folge, bei der mittleren Geschwindigkeit $v = 0{,}2035$ Meter im Mittel $\zeta = 0{,}0415$.

Die Tabelle giebt am Schluß noch Werthe der Reibungscoefficienten des Wassers beim Durchgang desselben durch eine 24,45 Millimeter weite Röhre aus Zinkblech an.

Es ist hiernach für die mittlere Geschwindigkeit $v_1 = 0{,}2247$ Meter, der Reibungscoefficient $\zeta = 0{,}0429$, und für die Geschwindigkeit $v = 0{,}1451$ Meter, $\zeta = 0{,}0519$. Die Versuche bei großen Ausflußgeschwindigkeiten gaben

für $v = 3{,}19$ Meter, $\zeta = 0{,}01962$
„ $v = 9{,}18$ „ , $\zeta = 0{,}01760$.

(S. die Abhandlung über den Ausfluß des Wassers unter hohem Drucke in Bd. IX.)

§. 12. Die Berechnungsweise der den Schluß dieser Abhandlung bildenden Versuche über den Widerstand des Wassers beim Durchgang desselben durch Knie- und Kropfröhren mit kleinen Geschwindigkeiten ist aus folgendem Beispiele zu ersehen.

Ausfluß durch die Knieröhre in Fig. 8, von 1,012 Centimeter Durchmesser, bestehend aus einem rechtwinkeligen Knierohre BC von 2 Centimeter mittlerer Schenkellänge und den Aus- und Einmündungsstücken A und D, welche bei den Versuchen mit den langen Glas- und Messingröhren von nahe demselben Durchmesser in Anwendung gekommen sind. Die Ausflußzeit war $t = 120$ Secunden, und der Mikrometerstand bei 0 Druckhöhe: $z_0 = 5{,}384$ Centimeter.

Folgende Tabelle enthält die Beobachtungsresultate in Centimetern.

| Nummer des Versuches. | Mikrometerstand | | | Wasserstand im Auffanger | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | am Anfang des Versuches $z_1$ | am Ende des Versuches $z_2$ | Differenz od. Höhe der ausgeflossenen Wasserschicht. | am Anfang des Versuches $s_1$ | am Ende des Versuches $s_2$ | Differenz od. Höhe s der aufgefangenen Wasserschicht. |
| 1 | 3,009 | 3,332 | 0,323 | 29,15 | 24,83 | 4,32 |
| 2 | 3,332 | 3,616 | 0,284 | 24,83 | 20,90 | 3,93 |
| 3 | 3,003 | 3,333 | 0,330 | 20,90 | 16,49 | 4,41 |
| 4 | 3,333 | 3,626 | 0,293 | 16,49 | 12,47 | 4,02 |
| 5 | 3,013 | 3,332 | 0,319 | 12,47 | 8,47 | 4,30 |
| 6 | 3,332 | 3,614 | 0,282 | 8,17 | 4,19 | 3,98 |

Für die Versuche Nr. 1, 3 und 5 sind die Mittelwerthe folgende:

$z_1 = 3{,}0083$, $z_2 = 3{,}3325$ und $s = 4{,}3434$ Centimeter,

wonach die Druckhöhen:

$$h_1 = z_0 - z_1 = 5{,}3840 - 3{,}0083 = 2{,}3757,$$
$$h_2 = z_0 - z_2 = 5{,}3840 - 3{,}3323 = 2{,}0517, \text{ und}$$
$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 2{,}2105 \text{ Centimeter folgen.}$$

Nun ist die effective Ausflußgeschwindigkeit

$$v = \frac{7{,}0225 \,.\, s}{F t} = \frac{7{,}0225 \,.\, 4{,}343}{0{,}8044 \,.\, 120} = 0{,}3160, \text{ und}$$

$$1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2 = 1 + \frac{1}{32} \cdot \left(\frac{0{,}506}{2{,}2107}\right)^2 = 1{,}001637,$$

daher folgt der Ausflußcoefficient der ganzen Knieröhre

$$\mu_1 = \frac{v\left(1 + \frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2\right)}{\sqrt{2gh}} = \frac{0{,}31596 \,.\, 1{,}00164}{\sqrt{19{,}62 \,.\, 0{,}022107}}$$
$$= 0{,}4806,$$

und der entsprechende Widerstandscoefficient:

$$\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1 = 3{,}3300.$$

Schließlich ergiebt sich der Widerstandscoefficient des Kniestückes:

$$\zeta = \zeta_1 - \zeta_0 = 3{,}3300 - 0{,}8163 = 2{,}5137.$$

Versuche mit derselben Knieröhre unter hohem Drucke haben $\zeta = 1{,}9579$ ergeben.

Fur die Versuche Nr. 2, 4 und 6 hat man im Mittel:

$z_1 = 3{,}3323$, $z_2 = 3{,}6187$ und $s = 3{,}977$ Centimeter,

und folglich die Druckhöhen:

$$h_1 = 5{,}3840 - 3{,}3323 = 2{,}0517,$$
$$h_2 = 5{,}3840 - 3{,}6187 = 1{,}7653 \text{ und}$$
$$h = \left(\frac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)^2 = 1{,}9058 \text{ Centimeter.}$$

Die effective Ausflußgeschwindigkeit ist nun

$$v = \frac{7{,}0225 \,.\, s}{F t} = \frac{7{,}0225 \,.\, 3{,}977}{96{,}528} = 0{,}28933 \text{ Meter,}$$

$$\text{und } 1 + \frac{1}{32}\left(\frac{0{,}506}{1{,}9058}\right)^2 = 1{,}002203,$$

daher folgt der Ausflußcoefficient

$$\mu_1 = \frac{0{,}28933 \,.\, 1{,}002203}{\sqrt{19{,}62 \,.\, 0{,}019058}} = 0{,}4742,$$

## Tafel III. Die Resultate der Versuche über den Widerstand des

| Nummer der Versuche. | Bezeichnung der Röhren. | d. Mündungsdurchmesser. | F. Mündungsquerschnitt. | t. Ausflußzeit. | $h_1$. Druckhöhe am Anfang |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Centimeter. | Qu.-Centim. | Secunden. | Centim. |
| 1. | Kurze cylindrische Ansatzröhre, innen abgerundet, mit Knie- und Ausmündungsstück, Fig. 8 | 1,012 | 0,80440 | 120 | 2,3757 / 2,0617 |
| 2. | Ein Kropfstück, wie B, Fig. 9, statt des Kniestückes, jedoch dasselbe Ein- und Ausmündungsstück wie in Fig. 8 | 1,012 | 0,80440 | 120 | 2,3930 / 1,9709 |
| 3. | Drei engere Röhren zusammen, Fig. 10 | 1,012 | 0,80440 | 120 | 2,3984 / 1,8945 |
| 4. | Zwei engere Kröpfe mit Zwischenstück, Fig. 9 | 1,012 | 0,80440 | 150 | 2,3915 / 1,9250 |
| 5. | Ein weiteres Kniestück wie C in Fig. 8 (mit abgerundetem Ein- u. Ausmündungsstück) | 1,402 | 1,54380 | 60 | 2,3771 / 2,0335 |
| 6. | Ein weiteres Kropfstück wie B in Fig. 9 (mit abgerundetem Ein- u. Ausmündungsstück) | 1,402 | 1,54380 | 60 | 2,3750 / 1,9143 |
| 7. | Eine einfache Zinkröhre. Steigen derselben = 0,38 Centimeter | 2,445 | 4,69514 | 100 | 2,4153 |
| 8. | Dieselbe, mit Kropf am Ende, wie B in Fig. 9. Fallen = 0,23 Centimeter | 2,445 | 4,69514 | 120 | 3,0905 |
| 9. | Dieselbe, mit Doppelkropf am Ende, wie C in Fig. 9. Fallen = 0,725 Centimeter | 2,445 | 4,69514 | 120 | 3,5920 |
| 10. | Dieselbe, das rechtwinkelige Knie am Ende, wie C in Fig. 9 Fallen = 0,35 Centimeter | 2,445 | 4,69514 | 120 | 3,2110 |

sowie der entsprechende Widerstandscoefficient für die ganze Röhre:

$$\zeta_1 = \frac{1}{\mu_1^2} - 1 = 3{,}4478,$$

und der Widerstandscoefficient beim Durchgang des Wassers durch das einfache Kniestück:

$$\zeta = \zeta_1 - \zeta_0 = 3{,}4478 - 0{,}8153 = 2{,}6315,$$

also noch etwas größer als bei der größeren Durchgangsgeschwindigkeit.

Die Versuche mit den übrigen Knie- und Kropfröhren sind ebenso berechnet worden. Vorstehende Tabelle III enthält die Hauptresultate dieser Versuche, sowie die ihrer Berechnung.

Man ersieht aus den am Ende dieser Tabelle aufgezeichneten Versuchsresultaten, daß der Widerstandscoefficient für eine Knieröhre auch bei kleinen Geschwindigkeiten des Wassers viel größer ist als für eine Kropfröhre, wenn beide die Bewegungsrichtung des Wassers um einen und denselben Winkel von 90 Grad ablenken, und die Axe der letzteren nach einem der Röhrenweite gleichen Halbmesser gekrümmt ist. Auch wird durch diese Versuchsergebnisse dargethan, daß die Widerstände bei Richtungsveränderungen abnehmen, wenn die Röhrenweite eine größere wird.

Es fällt z. B. hiernach für rechtwinkelige Knierohre

von $d = 1{,}0$ Centimeter Weite, der mittlere Widerstand $\zeta = 2{,}57$,
$d = 1{,}4$ " " " " " $\zeta = 2{,}28$,
$d = 2{,}45$ " " " " " $\zeta = 1{,}46$

aus, während für $d = 1{,}0$ Centimeter und $h = 0{,}087$ bis $0{,}899$ Meter nach den, Seite 151 der Experimentalhydraulik, aufgeführten Versuchen, $\zeta$ von $2{,}22$ bis $1{,}94$ abnimmt, und ich bei Versuchen an weiteren Röhren $\zeta = 0{,}984$ (Seite 861 der Ingenieur- und Maschinenmechanik) gefunden habe.

Bei einer Kropfröhre von der mittleren Weite $d = 1{,}2$ Centimeter ist dagegen im Mittel $\zeta = 0{,}681$, und für eine

**Wassers beim Durchgang desselben durch Knie- und Kropfröhren.**

| $h_2$. ...ckhöhe am Ende. | h. Mittlere Druckhöhe. | s. Höhe der aufgefangenen Wasserschicht. | V. Volumen des ausgeflossenen Wassers. | $1+\frac{1}{32}\left(\frac{r}{h}\right)^2$. Correction. | v. Mittlere Ausflußgeschwindigkeit des Wassers. | $\mu$. Ausflußcoefficient. | $\zeta_2$. Widerstandscoefficient. | $\zeta_1$. Widerstandscoefficient. | $\zeta$. Reibungscoefficient. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ...ntimet. | Centimeter. | Centimet. | Cub.-Centim. | | Meter. | | | | |
| ,0517 | 2,2105 | 4,3434 | 3050,153 | 1,001637 | 0,3160 | 0,4806 | 3,32995 | 0,81626 | 2,5137 |
| ,7653 | 1,9058 | 3,9767 | 2792,637 | 1,002203 | 0,2893 | 0,4742 | 3,44780 | 0,81626 | 2,6315 |
| ,9700 | 2,1762 | 5,8100 | 4080,069 | 1,001689 | 0,4227 | 0,6479 | 1,38200 | 0,81626 | 0,5657 |
| ,5950 | 1,7774 | 5,0600 | 3553,385 | 1,002532 | 0,3681 | 0,6249 | 1,56068 | 0,81626 | 0,7444 |
| ,8045 | 2,1388 | 6,4650 | 4540,045 | 1,001749 | 0,4703 | 0,7273 | 0,89033 | — | — |
| ,4830 | 1,6825 | 5,8150 | 4083,584 | 1,002827 | 0,4230 | 0,7384 | 0,83411 | — | — |
| ,9795 | 2,1828 | 5,6450 | 3964,200 | 1,001679 | 0,3265 | 0,5029 | 2,95450 | 0,86222 | 2,0923 |
| ,6715 | 1,7456 | 4,8700 | 3419,959 | 1,002626 | 0,2634 | 0,4856 | 3,24083 | 0,86222 | 2,3786 |
| ,0335 | 2,1994 | 4,3400 | 3047,765 | 1,003174 | 0,3290 | 0,5025 | 2,96073 | 0,72584 | 2,2349 |
| ,7743 | 1,9017 | 3,9900 | 2801,978 | 1,004246 | 0,3025 | 0,4973 | 3,04311 | 0,72584 | 2,3173 |
| ,9143 | 2,1384 | 5,5450 | 3893,977 | 1,003358 | 0,4204 | 0,6512 | 1,35824 | 0,72584 | 0,6324 |
| ,5328 | 1,7288 | 4,8950 | 3388,356 | 1,005138 | 0,3658 | 0,6313 | 1,50900 | 0,72584 | 0,7832 |
| ,4363 | 1,9385 | 14,4500 | 10147,509 | 1,012429 | 0,2161 | 0,3548 | 6,94355 | — | — |
| ,6700 | 2,3259 | 18,7600 | 13174,206 | 1,008633 | 0,2338 | 0,3491 | 7,20437 | 6,94355 | 0,2608 |
| ,0993 | 2,7958 | 20,1225 | 14131,023 | 1,005975 | 0,2508 | 0,3407 | 7,61690 | 6,94355 | 0,6734 |
| ,8525 | 2,4910 | 18,1575 | 12751,100 | 1,007526 | 0,2263 | 0,3262 | 8,40014 | 6,94355 | 1,4566 |

solche von d = 2,445 Centimeter Weite, $\zeta$ nur = 0,2608. Die Experimentalhydraulik giebt für eine ähnliche Kropfröhre von 1 Centimeter Weite, bei den Druckhöhen von 0,400 und 0,899 Meter, $\zeta$ = 0,324 und 0,378, und der Ingenieur- und Maschinenmechanik zu Folge ist für ähnliche Röhren bei größerer Weite, $\zeta$ = 0,294 zu setzen. (S. Seite 864.)

---

# Wasserkrahn für Eisenbahnen.

Vom

Ingenieur Donath in Buckau.

(Hierzu Fig. 1 bis 5, Tafel 12.)

In den Figuren 1 als Aufriß, 2 als Durchschnitt und 3 als Grundriß (Tafel 12) ist ein Wasserkrahn für Eisenbahnstationen verzeichnet, welcher die Vortheile einer leichten Drehbarkeit mit Dauerhaftigkeit vereinigt, da an demselben alle schleifenden Dichtungsflächen und Stopfbüchsen gänzlich vermieden sind, was die so häufig vorkommenden Undichtigkeiten ähnlicher Krahnen ausschließt. Die Zuleitungsröhren sind 6 Zoll weit genommen, um mit einem starken Wasserstrahl in kürzester Frist die Wasserbassins der Tender zu füllen und unnützen Aufenthalt dadurch zu vermeiden; die Uebergänge der Röhren in eine andere Richtung sind durch schlanke Kniee vermittelt. Das aufsteigende Rohr c

ist unten mit einem Fuße a versehen, welcher auf dem Mauerwerke ruht; bei d, wo dasselbe die Grundplatte e durchbricht, ist ein falscher Flanschet angegossen, welcher abgedreht und in das ausgebohrte Loch in der Grundplatte eingepaßt ist, wodurch das Rohr richtig in der Mitte geführt und die Aufstellung erleichtert wird. Oberhalb der Grundplatte ist das Rohr von einem gußeisernen Mantel umgeben, welcher oben durch einen Flanschet des Rohres abgeschlossen ist, an welcher Stelle sich das ganz umgebogene Rohr g außerhalb anschließt, welches in das erweiterte Mundstück des drehbaren Auslegerrohrs h mündet. Letzteres umfaßt das gebogene Rohr g mit wenig Zwischenraum, damit das Ausspritzen des Wassers möglichst verhindert werde, oben an dem Rohr g ist ein Ansatz zur Aufnahme einer Laterne angebracht. Das Auslegerrohr h ruht auf einem drehbaren Consol i, welches seine Stützpunkte an dem Mantel f findet; der untere Zapfen des Consols ist durch die Welle k nach unten verlängert, wodurch die Bewegung der Viertelumdrehung des Auslegers mittels zweier Zahnräder ll auf den Ablaßhahn m übertragen wird, dessen Kukenbohrung so gestellt ist, daß, sobald der Ausleger parallel den Bahngeleisen gestellt und der Krahn vermöge des Absperrventils n außer Betrieb gesetzt ist, das Wasser aus dem aufsteigenden Rohr hinter dem Ventile in die Grube ablaufen kann, um das Einfrieren des Krahnes zu verhüten. Aus der Grube führt sich das Wasser durch einen entsprechend angelegten Abzugscanal ab. An dem Ausleger ist eine Fallklinke o zur Feststellung desselben in Ruhe angebracht.

Ein solcher Krahn, genau nach obiger Construction, ist in der Fabrik von H. Gruson in Buckau zu dem Preise von 325 Thalern, ohne Aufstellung, ausgeführt.

Für die Rohrleitung ist in Fig. 4 und 5 eine praktische, gut dichthaltende Flanchetverschraubung wiedergegeben. Die Rohre endigen in wulstförmigen Verstärkungen nn, deren eine mit kreisförmiger Nuth o (Fig. 5) ca. $^3/_{16}$ Zoll tief, die andere mit ebensolchem vorstehenden Bunde versehen ist, beide passen in rohgegossenem Zustande zu einem Stoß zusammen, so daß das Abdrehen der Flanchets gespart ist. Beim Dichten wird am Boden der Nuth, eine schwache Lage des Dichtungsmaterials angebracht und der Anzug durch die in den Lappen befindlichen Schrauben bewirkt. Diese Dichtung ist billig und erspart auch etwas am Gewicht gegen einen vollen Scheibenflanchet. Sie eignet sich auch besonders für Rohre, welche einem hohen Druck zu widerstehen haben, da die Verpackung nicht so leicht hinweggedrückt werden kann.

## Briefbeutelfangapparat.

(Hierzu Fig. 6 und 7 auf Tafel 12.)

Eine sehr einfache Vorrichtung, durch welche das Postfelleisen von den Eisenbahnzügen während der Fahrt aufgenommen wird, ist die nachstehend beschriebene, welche in Figur 6 und 7 verdeutlicht und auf mehreren deutschen Eisenbahnen in Thätigkeit ist.

Oberhalb des Verdeckes der Postwagen befinden sich zwei Pfeile in der Form $a_1 a_2$, welche vom Innern des Coupé's aus nach außen und zurückgedreht und in diesen Stellungen durch Klinken oder Ueberwürfe fixirt werden können. Die Längenansicht des einen Pfeils ist in Fig. 7 zu ersehen; derselbe hat 2 Spitzen mit Widerhaken, und ist sowohl in der einen, wie in der andern Richtung des Zuges zu gebrauchen, es befindet sich indessen auf jeder Seite des Wagens eine gleiche Vorrichtung, um der Lage der Stationen Rechnung zu tragen. Das Felleisen aus Leder in Kofferform mit eisernem Bügel wird auf einem Gestell b immer genau in derselben Position aufgestellt, und dadurch, daß der Pfeil beim Passiren des Postwagens in den Bügel hineingreift, hängt sich das Felleisen auf und wird entführt, indem der Widerhaken das Abfallen verhindert. Ist es durch das in der Nähe befindliche Fenster eingezogen, so wird der Pfeil so gedreht, daß er die Lage $a_1$ annimmt.

Die Abgabe des Felleisens vom Wagen an die Station geschieht einfach dadurch, daß es beim langsamen Tempo des Zuges mit Präcision hinausgeworfen wird.

— n. —

# Walzwerksanlage mit Riementrieb von Gebr. Colas zu Rachecourt im Departement Haute-Marne.

(Hierzu Tafel 13 und Fig. 9 bis 12 auf Tafel 12.)

Die Walzwerksanlage zu Rachecourt, von welcher Taf. 13 einen Uebersichtsplan giebt, ist im J. 1846 durch Gebr. Jacquot und Neffen, angesehene Eisenwerksbesitzer der Champagne, begründet worden. Die Pläne dazu und die dazu gehörigen Maschinen wurden von der bekannten und namentlich im Hüttenwesen erfahrenen Maschinenfabrik von Thomas & Laurens geliefert. Seit der Gründung hat man verschiedene, den Fortschritten der Industrie entsprechende Verbesserungen und die durch die gesteigerte Production geforderten und bereits anfangs vorgesehenen Erweiterungen vorgenommen, und zwar in den Jahren 1859 und 1860 unter Leitung der Maschinenfabrik von Ch. Thirion & de Mastaing, welche auch jetzt noch damit beschäftigt ist. Gegenwärtig gehört diese Anlage ohne Zweifel zu den besteingerichteten Werken Frankreichs und dürfte, zwar nicht bezüglich der Größe, wohl aber hinsichtlich ihrer Einrichtung vollständig den Anlagen Englands gewachsen sein.

Man verarbeitet zu Rachecourt Roheisen aus der Champagne, welches in verschiedenen, den Besitzern dieser Walzwerksanlage gehörigen Holzkohlenhohöfen erblasen wird. Diese Hohöfen liegen in der Nähe der Eisensteingruben und Aufbereitungsanstalten, sodaß die Transportkosten für das zur Eisenerzeugung erforderliche Rohmaterial, dessen Menge mindestens viermal so groß als die Quantität des erzeugten Roheisens ist, sich ziemlich niedrig stellen. Der weitere Roheisenbedarf wird aus inländischen Werken bezogen.

Das an der Marne gelegene Werk zu Rachecourt wird zum größten Theil mit Wasser betrieben und erhält seinen Kohlenbedarf durch die Zweigbahn der Ostbahn von Blasmes nach Chaumont, mit welcher es auf der Station Chevillon durch eine besondere Zweigbahn verbunden ist, zugeführt. Durch diese Eisenbahnverbindung können die Steinkohlen des Nordens und sogar die englischen Kohlen mit den Saarbrückener Steinkohlen concurriren. Auf der genannten Station giebt es ein Lager für die Kohlen, welche von da in kleineren Wagen à 1000 Kilogramm Ladung bis zu den Oefen transportirt und von den Heizern aus den Wagen entnommen werden, wodurch die durch mehrmaliges Umladen erwachsenden Verluste vermieden werden und der Vortheil erzielt wird, daß die Leute nicht heimlich Kohlen verbrauchen können, die Controle der an jeden Ofen abgelieferten Kohlenquantitäten vielmehr sehr einfach ist.

Auf der Hütte zu Rachecourt werden folgende Arbeiten vorgenommen:

Erstens der Puddelproceß, durch welchen das Gußeisen zu Schmiedeeisen verwandelt wird,

hierauf das Zängen, durch welches die in den beim Puddeln gewonnenen Luppen noch mechanisch eingemengt enthaltene Schlacke entfernt wird,

dann das Rohschienenwalzen, durch welches die gezängten Luppen in Stäbe von flachem Caliber verwandelt werden, welche dann mittelst einer Scheere in Stücken von 0,4 bis 0,5 Met. Länge zerschnitten werden,

endlich das Fertigwalzen, wozu die zerschnittenen und in Packete vereinigten Rohschienen durch Glühen in einem Schweißofen vorbereitet werden, und durch welches die verschiedenen Sorten des Handelseisens erzeugt werden, welchem aber auch öfters (behufs der Erzeugung besserer Eisensorten) noch ein besonderes Vorwalzen vorausgeht.

Als Motoren, welche das ganze gehende Zeug der Hütte bewegen, dienen einerseits zwei Turbinen mit oberer Aufhängung nach Fontaine's Prinzip und andrerseits zwei starke Dampfmaschinen, welche ebenfalls keinen Brennmaterialaufwand verursachen, weil zur Dampferzeugung die verlorengehende Hitze der Puddel- und Schweißöfen benutzt wird.

Eine besonders hervortretende Eigenthümlichkeit der Hütte zu Rachecourt, welche unsers Wissens sonst nirgends zu finden ist, besteht in der Anwendung von Riemenvorgelegen zur Uebertragung der Bewegung auf die verschiedenen Walzenstränge. Diese Anwendung, welche anfangs von vielen Industriellen wegen der bedeutenden zu übertragenden Arbeit als etwas Unmögliches angesehen wurde, hat sich als durchaus zweckmäßig bewiesen; sie ist um so vortheilhafter, als dadurch die so sehr zu befürchtenden und leider in den Walzwerken so oft vorkommenden schweren Unfälle,

nämlich, daß bei einer plötzlichen Steigerung der Widerstände ein Schwungrad oder Zahnrad bricht und dadurch der Bruch noch anderer Maschinentheile veranlaßt wird, gänzlich vermieden werden, weil ein Treibriemen auf seiner Rolle zu rutschen anfängt, wenn ihm der Widerstand zu groß wird.

Dieses Beispiel beweist, daß man sich der Riemen, wenn man ihnen nur passende Verhältnisse zu geben versteht, auch zur Uebertragung sehr beträchtlicher Kräfte bedienen kann. Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Transmission besonders da geeignet erscheint, wo der Motor nicht mit einer solchen Geschwindigkeit arbeitet, daß er die ausübende Maschine direct treiben könnte, z. B. bei Turbinen und gewöhnlichen Wasserrädern. Ist dagegen die Betriebsmaschine eine Dampfmaschine, welche sich bekanntlich mit großer Leichtigkeit an die verschiedensten Anordnungen anschmiegt, so ist es gewöhnlich möglich, die Uebertragung direct durch eine Kurbel ohne alles Vorgelege und ohne Riementrieb zu bewirken, und in solchen Fällen haben die Herren Thomas & Laurens selbst sehr gern die directe Uebertragung angewendet, sowohl bei Walzwerken, wie zu Rachecourt, als in Papiermühlen und sonst.

Wir wollen nun zunächst eine allgemeine Beschreibung der ganzen Hüttenanlage der Hrn. Colas zu Rachecourt geben.

Fig. 1 auf Taf. 13 ist ein Uebersichtsplan über dieselbe, gezeichnet im Maaßstabe von 2 Millimeter pro Meter.

Fig. 2 giebt einen Querschnitt nach der Mittellinie des Aufschlagsgrabens der ersten Turbine, oder nach der Linie 1—2 in Fig. 1.

Das eigentliche Walzwerksgebäude A ist eine große rectanguläre Halle von 40 Met. Tiefe und 70 Met. Länge, welche mit einem hölzernen Dachstuhle (Fig. 2) überdeckt ist. Das Gebäude B ist für den Puddelbetrieb bestimmt und man sieht darin sechs Gruppen von Oefen F, wovon jede aus einem Paar Puddelöfen und einem darüberliegenden Kessel besteht. Neben diesem Gebäude bedecken besondere Anbaue und Schuppen einige in den Höfen aufgestellte Dampfkesselöfen.

Für die sechs in einer geraden Linie liegenden Oefen sind zur Bedienung der Feuerungen f zwei Eisenbahngeleise vorhanden, welche ihnen Steinkohlen und Gußeisen zuführen.

In der Halle ist ein Dampfhammer C zum Zängen der Luppen aufgestellt und davor zwei Walzenstränge L und L', welche speciell zum Rohschienenwalzen bestimmt sind. Diese Walzenstraßen werden direct durch die Bleuelstange einer Dampfmaschine M bewegt, deren Kolben ebensoviel Doppelspiele machen muß, als die Walzen Umgänge machen sollen. Das unter dem Hammer begonnene Zängen wird in dem Luppenwalzwerk vollendet, weshalb die Walzen dieses Walzenstranges besonders große Durchmesser erhalten haben. Eine derartige Einrichtung ist übrigens nur möglich, weil die aus dem Roheisen der Champagne gefertigten Schmiedeeisensorten sehr weich und leicht schweißend sind und sehr flüssige Schlacken besitzen; sonst wären zwei Dampfhämmer erforderlich.

Das in diesem Walzwerke zu Schienen von gleicher Stärke, aber in vier verschiedenen Breiten ausgezogene Eisen wird auf den gußeisernen Platten a gerichtet und zum Erkalten niedergelegt, dann auf der Decimalwaage b gewogen und im Mittel der Halle aufbewahrt, wozu kein besonderer Transport erforderlich ist. Mittelst der durch Dampf getriebenen Scheeren c werden die Rohschienen in Stücke von passender Länge geschnitten, worauf Letztere in Packete zusammengestellt, die Packete gewogen und endlich nach den verschiedenen Schweißöfen geschafft werden, welche die fünf in der großen Halle aufgestellten Walzwerke bedienen.

Die Walzenstraßen T und $T_1$ sind zur Erzeugung starker Eisensorten bestimmt; das Walzwerk T vorzüglich verarbeitet die stärksten Sorten, meist aus raffinirtem Eisen, wie Axen u. dergl.; es gehört auch dazu ein Dampfhammer $C_1$, welcher zum Schweißen von Korneisen und zum Ausschmieden gewisser Rundeisensorten bestimmt ist.

Diese beiden Walzenstraßen werden durch eine Turbine D betrieben, welche zwischen beiden aufgestellt ist und ihre Bewegung durch Winkelräder und Riementriebe an sie fortpflanzt.

Das Walzwerk $T_2$ (Feineisenwalzwerk, train cadet) dient zur Herstellung der schwächeren Stabeisensorten, die Walzenstraße $T_3$ zur Erzeugung von schwachem Rundeisen für Drahtziehereien, $T_4$ zu demselben Zwecke, aber zu den schwächsten Nummern der Drahtlehre, Nr. 20, 21 und 22. Diese Fabrikation ist für die Champagne sehr wichtig, da das dort erzeugte Eisen sich sehr gut zur Drahtfabrikation eignet. Man nennt das hierzu bestimmte Rundeisen, weil es in Maschinen weiter verarbeitet wird, schlechtweg machines.

Die beiden Walzenstraßen $T_2$ und $T_3$ werden ebenfalls von einer Turbine $D_1$ und zwar mittelst conischer Räder und Riementransmission betrieben.

Zwei zugewölbte Canäle, welche unter der Walzhütte weggehen und in Fig. 1 mit punktirten Linien angegeben sind, führen das Aufschlagswasser für die beiden Turbinen zu, welche ein Gefälle von 2 bis 3,5 Met. benutzen und 90 bis 100 Pferdekräfte leisten.

Als weiterer Motor dient eine Dampfmaschine $M_1$ von 60 Pferden Stärke, welche mittelst Riemenvorgelege zunächst die beiden Walzenstraßen $T_3$ und $T_4$ bewegt, aber auch mittelst Zahnradvorgelege und der Vorgelegswelle $A_1$ mit der Turbine $D_1$ gekuppelt werden kann, so daß die drei Walzenstraßen $T_2$, $T_3$ und $T_4$ gemeinsam durch die gekuppelten Motoren $D_1$ und $M_1$ betrieben werden können.

Gegenwärtig werden die beiden Straßen T und $T_1$ durch die beiden Schweißöfen $F_1$ bedient, deren abgehende

Hitze noch nicht weiter benutzt wird. Dagegen sind unter einem an die Hallen A und B anstoßenden Schuppen vier Puddelöfen aufgestellt, über welchen zwei durch sie geheizte Dampfkessel E liegen. Dieselben sollen einem Paar neuen, für das Walzwerk T bestimmten Schweißöfen mit Dampfkesseln und zwei neuen Dampfkesseln weichen, welche hinter den Schweißöfen $F_1$ aufgestellt werden sollen.

Für die Walzenstraßen $T_2$, $T_3$ und $T_4$ sind je zwei Schweißöfen $F_2$, $F_3$ und $F_4$ aufgestellt, deren abgehende Hitze unter den Dampfkesseln $E_1$ ausgenutzt wird.

Die von sämmtlichen Dampfkesseln erzeugten Dämpfe gehen in gemeinsame Rohrleitungen, welche auf dem Grundriß nicht angegeben sind, und aus welchen die Maschinen und Dampfhämmer erst ihren Dampf entnehmen; durch diese Einrichtung werden die Ungleichheiten in der Dampferzeugung und im Dampfverbrauche möglichst ausgeglichen.

Rauch und Verbrennungsproducte der sämmtlichen Oefen ziehen in unterirdischen Canälen nach einem Centralschornstein $C_2$ ab, welcher hinter dem Werke steht und vom Erdboden an gerechnet 36, incl. des Fundamentes aber, auf welchem er errichtet ist, 40 Met. hoch ist. Der innere Durchmesser desselben beträgt am Boden 2,25, am Kopfe 1,5 Meter.

Zu den Walzenstraßen T und $T_1$ gehören außer der Richtplatte a' noch eine Kreissäge d zum Zurichten grober Stäbe und eine durch die Turbine D getriebene Scheere $d_1$. Die andere Turbine $D_1$ bewegt auf ähnliche Weise eine Scheere $d_2$. Ueberdies betreibt jede Turbine noch eine Wasserpumpe p, welche das Wasser nach einem über den Zapfen der Walzen und Transmissionswellen liegenden und zu deren Kühlung bestimmten Bassin, sowie in die neben den Puddelöfen stehenden Wasserbehälter drückt.

Zum Speisen der Dampfkessel befindet sich an jeder Dampfmaschine eine Speisepumpe, auch sind noch besondere Dampfpumpen vorhanden. Das Speisewasser wird übrigens durch die ausblasenden Dämpfe der Maschinen fast bis auf 100° vorgewärmt.

Wir gehen nun specieller auf die Riemenübertragung ein, welche durch die Figuren 3 und 4, Taf. 13, und die Details in den Figuren 5 bis 8, Taf. 13, und Fig. 9 bis 12, Taf. 12, genügend verdeutlicht wird.

Die Fig. 3 und 4, Taf. 13, stellen im Auf- und Grundriß die Riemenscheiben dar, durch welche die Uebertragung der Bewegung von der zweiten Turbine auf die Walzenstraßen $T_2$ und $T_3$ (Feineisenwalzwerk) vermittelt wird.

Die stehende Welle der Turbine $D_1$ trägt am obern Ende ein conisches Rad mit 132 Zähnen und 4,2 Met. Durchmesser, welches in ein conisches Getriebe $p_3$ mit 33 Zähnen und 1,5 Met. Durchmesser eingreift. Letzteres sitzt an der Welle eines großen Schwungrades P von 5,6 Met. Durchmesser und 0,9 Met. Kranzbreite, welches als Riemenscheibe dient und aus zwei nebeneinandersitzenden, flach gewölbten Hälften von 45 Cent. Breite besteht, sodaß es das Ansehen von zwei aneinandergestoßenen Riemenscheiben hat.

Zwei auf diesem Schwungrade sitzende Riemen übertragen die Bewegung sowohl an die als Schwungrad dienende, 2,8 Met. hohe Riemenscheibe Q auf der Welle des Feineisenwalzwerkes $T_2$, als auch auf die zweite, 1,5 Met. hohe Scheibe $Q_1$ an der Welle des Walzwerkes $T_3$, welche für Letzteres das Schwungrad abgiebt.

Die Turbine macht in der Regel 22,5 Umdrehungen pro Minute, sodaß die Welle der großen Riemenscheibe P in der Minute

$$\frac{4{,}2 \,.\, 22{,}5}{1{,}05} = 90 \text{ Umdrehungen}$$

macht, und die Umgangszahl der Welle des Walzwerkes $T_2$

$$\frac{5{,}6}{2{,}8} \,.\, 90 = 180,$$

diejenige des Walzwerkes $T_3$ aber

$$\frac{5{,}6}{1{,}5} \,.\, 90 = 336 \text{ pro Minute}$$

beträgt.

Die Geschwindigkeit im Treibriemen selbst berechnet sich auf

$$\frac{5{,}6 \,.\, 3{,}14}{60} \,.\, 90 = 26{,}385 \text{ Meter pro Secunde}$$

und diese große Geschwindigkeit, verbunden mit der großen Breite und Länge der Treibriemen macht es allein möglich, daß mit diesen Riemen eine Arbeit von 90 bis 100 Pferdekräften auf die Walzwerke übertragen werden kann.

Das Schwungrad P wiegt ungefähr 18000 Kilogr., wovon 9000 Kil. auf den Ring, der Rest auf die Arme und die Nabe kommt. Das Schwungrad Q besitzt ein Gewicht von 12000, und $Q_1$ eine Schwere von 7000 Kilogrammen.

Das Schwungrad P besteht aus einem zweitheiligen Armstern, dessen Hälften je vier Arme besitzen und in der Nabe mittelst 6 starker Schrauben verbunden sind. Der Ring ist aus 6 Segmenten, jedes gleich $^1/_4$ des Umfanges einnehmend, zusammengesetzt und bildet, wie bereits erwähnt, zwei nebeneinanderstehende Riemenscheiben. Da die Stöße der einen Scheibe gegen diejenigen der andern Scheibe um 45 Grad versetzt sind, so erhält das Ganze eine außerordentlich solide Verbindung. Um den Luftwiderstand zu vermeiden, sind alle Oeffnungen zwischen den Armen und dem Ringe auf beiden Seiten mit Holz verkleidet, sodaß dieses Schwungrad an den Seiten glatte, geschlossene Flächen zeigt.

Das Schwungrad Q besteht aus einem für sich und in einem einzigen Stücke gegossenen Schwungringe, einem fünfarmigen Armstern von Gußeisen und einer großen, die

Arme paarweise verbindenden Rippe oder Füllung, welche nur die prismatischen Enden der Arme, mit welchen sie in dazu ausgesparte Vertiefungen auf der innern Seite des Schwungringes eingesetzt sind, hervortreten läßt und dem Schwungrade ebenfalls glatte und geschlossene Seitenwände verschafft. Die in der Füllung angebrachten, aus Fig. 3 erkennbaren, runden Löcher dienen zur Befestigung einer Kette oder Winde, wenn dieses Schwungrad einmal angehoben werden muß u. dergl.

Unter demselben befindet sich in der Grube, in welcher das die Lager der Transmissionswellen tragende Holzgerüst aufgestellt ist, ein Blechtrog $b_1$, welcher das etwa durch die Fundamente zusickernde Wasser abhalten soll, damit die Rolle und die Riemen nicht naß werden.

Die ledernen Treibriemen sind 35 bis 40 Cent. breit und aus einem ebenso breiten Riemen von 6 Millim. Stärke gefertigt, welcher an den Rändern verdoppelt ist, wie man aus Fig. 8 auf Taf. 13 ersieht. Diese Randeinfassungen sind auf den Hauptriemen aufgenäht und ebenso sind die einzelnen Stücken, aus welchen Letzterer besteht, mittelst flacher Riemen zusammengenäht, was den besten Verband giebt. Es würde jedoch sehr viel Zeit kosten, wollte man allemal, wenn der Treibriemen sich gedehnt hat, sich derselben Verbindungsweise beim Nachziehen bedienen; deshalb bedient man sich hierzu der in Fig. 5 dargestellten Nieten mit Köpfen, oder der Nieten mit Schrauben (Fig. 7). Man hat auch den Versuch gemacht mit Schrauben, welche nach Art von Fig. 6 in das Leder eingeschraubt sind, aber diese an sich freilich viel einfachere Methode giebt nicht die erforderliche Solidität.

Die Welle der großen Schwungradrolle P bewegt auch die Pumpe p und die Scheere $d_2$. Es ist nämlich ein Zahnradvorgelege l eingeschaltet, dessen Welle mittelst eines Excentriks c den Balancier der Pumpe und mittelst der gegitterten Schubstange $e_1$ und des Hebels $e_2$ die Scheere bewegt. Letztere wird besonders zum Beschneiden der vom Walzwerke $T_2$ gelieferten Stäbe benutzt; die Pumpe aber saugt das Wasser aus dem Aufschlagscanal der Turbine und drückt es in ein 6 Met. hoch liegendes Bassin, aus welchem die Oefen und Walzwerke versorgt werden.

Wie bereits oben bemerkt wurde, kann die durch die zweite Turbine $D_1$ getriebene Walzenstraße $T_3$ auch von der Dampfmaschine M aus, zugleich mit der Walzenstraße $T_4$ getrieben werden. Letztere, welche ebenfalls im Grundrisse Fig. 1 angegeben ist, besitzt eine nominelle Stärke von 60 Pferdekräften. Der Kolbendurchmesser beträgt 0,7, der Hub 1,0 Meter, aber die Maschine verrichtet in Wirklichkeit lange nicht soviel Arbeit, als ihre nominelle Stärke besagt, und zwar um so weniger, weil sie beliebig mit oder ohne Condensation arbeitet.

Ihr Schwungrad V mißt 6 Meter im Durchmesser und ist am Umfange abgedreht, um als Riemenscheibe benutzt werden zu können. Der Ring ist 0,6 Met. breit und aus vier Segmenten hergestellt, wovon jedes den halben Umfang umfaßt. Diese Segmente sind mit versetzten Wechseln aneinandergeschraubt, so daß sie einen sehr gut zusammengesetzten Schwungring bilden. Der Armstern besteht ebenfalls aus zwei Theilen, welche an der Nabe durch Schrauben und umgelegte Ringe unter sich verbunden sind.

Neben dem Schwungrade V sitzt auf derselben Welle ein 2,855 Meter hohes Zahnrad mit 115 Zähnen, welches in ein Getriebe $G_1$ mit 1,763 Met. Durchmesser und 71 Zähnen greift. Letzteres sitzt auf einer Vorgelegswelle $A_1$, welche in einem Canale unter dem Fußboden der Walzhütte hingeführt und am Ende mit der Welle des Schwungrades P der zweiten Turbine $D_1$ gekuppelt ist. (Vergl. Fig. 1 und 4, Taf. 13.)

Mittelst dieser Transmission, welche durch den Kuppelmuff f beliebig aus- und eingerückt werden kann, sind die Dampfmaschine und Turbine derartig gekuppelt, daß sie sich gegenseitig bei der Arbeit aushelfen können. Ueberdies läßt sich hierdurch auch ein Theil der Betriebskraft der Dampfmaschine auf den Walzenstrang $T_3$ benutzen, sowie ein Theil der Kraft der Turbine an das Walzwerk $T_4$ übergetragen werden kann. Folglich können die drei Walzenstränge $T_2$, $T_3$ und $T_4$ entweder durch die Dampfmaschine allein, oder durch die Turbine allein, oder endlich durch beide Motoren gemeinsam getrieben werden.

Die Welle $A_1$ ist von Gußeisen, und da sie in einem verdeckten Canale liegt, welchem sie die Beaufsichtigung entzieht, so hat man sie in Schmierlager nach dem Avisse'schen System*) gelegt, welche namentlich in solchen Fällen sehr gute Dienste leisten, wo nicht häufig geschmiert werden kann.

Zum directen Betriebe der Walzenstraßen $T_3$ und $T_4$ mit der Dampfmaschine dient ein 50 Cent breiter Treibriemen, welcher auf das Schwungrad aufgelegt ist und die Welle g' treibt, indem er über die auf derselben aufgesteckte 2 Meter hohe Riemenscheibe H läuft. Da die Maschine 60 Doppelspiele pro Minute macht, so erhält die Welle g' 180 Umgänge, weil das Schwungrad 6 Meter hoch ist.

Auf letzterer Welle sitzen zwei Riemenscheiben $H_1$ und $H_2$ von 4,5 Met. Durchmesser, welche die Riemenscheibe H zwischen sich fassen und die Bewegung mittelst Treibriemen auf die an den Wellen der Walzenstraßen $T_3$ und $T_4$ sitzenden Schwungräder $I_1$ und $I_2$ übertragen. Das Schwungrad I ist 2,5 Meter hoch und erhält also, wenn $H_1$ 180 Umdrehungen pro Minute macht, eine Umgangszahl von

$$\frac{4{,}5 \cdot 180}{2{,}25} = 360 \text{ Umdrehungen pro Minute,}$$

*) Siehe d. Zeitschr. Bd. V, S. 45.

während die nur 1,7 Meter hohe Riemenscheibe $I_1$ ihrer Welle

$$\frac{4{,}5 \cdot 180}{1{,}7} = 476{,}5 \text{ Umdrehungen pro Minute}$$

mittheilt. Diese Geschwindigkeiten können natürlich beliebig vermindert werden, wenn man die Dampfmaschine langsamer laufen läßt; sie werden auch in Wirklichkeit etwas geringer ausfallen, als dies nach obiger Rechnung der Fall sein sollte, da die Riementransmissionen stets einen gewissen Geschwindigkeitsverlust erleiden.*) In der Regel brauchen die Walzen des Walzwerks $T_4$ auch nur 400 bis 420 Umgänge in der Minute zu machen, da dies die zweckmäßigste Geschwindigkeit ist.

Das Gewicht des Schwungrades V beträgt 8000 Kilogramme, die Rollen H, $H_1$ und $H_2$ sind dagegen verhältnißmäßig leicht gebaut. Bei den Riemenscheiben $H_1$ und $H_2$ sind die Armsterne aus einem Stück gegossen; die Arme sind durch Platten mit Rippen dargestellt und der Schwungring ist ein Ring mit doppelten Wangen; die mittlere Metallstärke beträgt nicht über 35 Millimeter. (Vergl. Fig. 10 auf Taf. 12.) Die Rolle H ist nur eine Trommel ohne Arme, welche auf die Armsterne der Riemenscheiben $H_1$ und $H_2$ aufgepaßt und aufgeschraubt ist. Die dreieckigen Zwischenräume zwischen den Armen und dem Schwungringe an Letzteren sind mit Holz ausgesetzt, damit die Seitenwände ebene und geschlossene Flächen werden, welche der Luft keinen Widerstand entgegensetzen.

Die Rollen I und $I_1$ bestehen aus einem appart gegossenen Ringe und einer massiven Scheibe, in deren Mitte die Nabe angebracht ist. Diese Scheibe ist in den Ring mit Holzkeilen verpeizt, welche rings herum eingetrieben sind, außerdem sind aber vier eiserne Keile zur Centrirung vorhanden, für welche auf abgehobelten Sitzen genau passende Nuthen ausgearbeitet sind.

Ueberhaupt ist die Welle g mit ihren Rollen nur deshalb angebracht, um auf die Walzwerkswellen größere Riemenscheiben aufstecken zu können, als man erhalten haben würde, wenn man die Riemen von der Schwungradwelle V direct auf die Riemenscheiben I und $I_1$ gelegt hätte. Letztere, welche zugleich Schwungräder sind, brauchten aus demselben Grunde ihrer größeren Umdrehungsgeschwindigkeit wegen auch nicht so schwer gemacht zu werden und durch die größere Geschwindigkeit der Riemen wird die Spannung in denselben vermindert, fällt also auch ihr Gewicht und der von ihnen erzeugte Widerstand geringer aus. Endlich gestattet dieses Arrangement eine Spannung der Riemen ohne Verkürzung derselben.

Zu dem Ende sind nämlich die Lagerböcke J, welche die Welle $g_1$ tragen und wovon einer in Fig. 11 in $^1/_{25}$ der natürlichen Größe abgebildet ist, in Führungen auf ihren Platten verschiebbar gemacht, so daß man sie durch Lösen der Schraubenbolzen j und durch Anziehen der Stellschraube $j_1$ leicht verrücken kann. Sind sie nach mehrmaligem Anspannen der Riemen so weit verschoben, als der Raum es zuläßt, so werden sie wieder in die in der Figur angegebene anfängliche Stellung zurückgebracht und die drei Riemen entsprechend verkürzt, diese Operation ist aber nur nach Verlauf von größern Zeiträumen nöthig, selbst wenn die Riemen neu sind, und bedarf oft nach ein oder zwei Tagen Gang gar keiner weiteren Wiederholung.

Zwischen der Turbine D und den Grobeisenwalzwerken T und $T_1$ ist dieselbe Transmission angewendet, wie bei der zweiten Turbine, nämlich ein großes Winkelrad von 4,2 Met. Durchmesser an der Turbinenwelle und ein conisches Getriebe von 1,05 Met. Durchmesser, welches Letztere an der horizontalen Welle k sitzt.

Auf dieser Welle reitet die große Riemenscheibe K von 4,2 Met. Durchmesser mit 0,84 Met. breitem, für die Aufnahme von zwei 37 Cent. breiten Riemen eingerichteten Kranze. Sie wiegt 12712 Kilogr., wovon 3675 Kil. auf die Arme und Nabe und 9037 Kil. auf den Ring kommen.

Mittelst dieser Scheibe wird das auf der Welle der beiden Walzenstraßen T und $T_1$ sitzende Schwungrad $K_1$ getrieben, welches 20763 Kilogramme wiegt und zwar 15208 Kil. im Kranze, 5555 Kil. im Armsterne. Letzteres ist 4,2 Met. hoch und macht ebenso viel Umgänge, als die Riemenscheibe K, nämlich 60 bis 100 Touren pro Minute, je nachdem die Bedürfnisse der Fabrikation dies verlangen.

Im Uebrigen ist diese Transmission ganz so wie bei der andern Turbine eingerichtet. Am Ende der Welle K sitzt ein Zahnrad, welches in ein auf einer Welle mit zwei Excentern sitzendes Getriebe greift. Das eine Excenter bewegt eine Scheere, das andere eine Pumpe; außerdem ist aber am Getriebe noch eine Warze befestigt, welche einen neben der großen Rolle $K_1$ aufgestellten Squeezer (Luppenquetsche) $S_1$ bewegt.

Die vorstehend beschriebene Riementransmission wurde, wie im Eingange bereits bemerkt ist, angewendet, um die bei Zahnradvorgelegen und großen Schwungmassen niemals ausbleibenden Brüche und ihre üblen Folgen zu vermeiden. Zu letzteren gehört namentlich auch der dadurch veranlaßte, oft sehr beträchtliche Stillstand während der Wiederherstellung der gebrochenen Stücken, der gewöhnlich allerhand Schwierigkeiten bezüglich der Befriedigung eingegangener Lieferungscontracte verursacht. Seit Anwendung der Riementransmission, d. h. seit nunmehr fast 12 Jahren, ist auch in der That noch nie ein Unfall oder Stillstand vorgekommen; diese Bewegungsübertragung hat sich also bestens bewährt. Wir glauben daher, daß sie überall da Eingang und Nachahmung finden wird, wo man nicht im Stande ist, die

*) Siehe diese Zeitsch. Bd. VIII, Seite 323.

Walzenstraßen durch mit gleicher Geschwindigkeit umlaufende Motoren direct zu betreiben.

Was die Benutzung der verlorengehenden Wärme der Puddelöfen zur Kesselheizung anlangt, so ist zu bemerken, daß die Puddelöfen immer zu vieren in eine Gruppe vereinigt sind und zwar so, daß die Feuerungen an den vier Ecken des gebildeten Rechteckes, die vier Schornsteinzüge aber in der Mitte desselben liegen. Ueber diesen vier Oefen sind zwei einfache Cylinderkessel von 1 Meter Durchmesser und 10 Met. Länge aufgestellt, welche 18 Quadratmeter Heizfläche besitzen und auf 5 Atmosphären Spannung eingerichtet sind. Durch besondere Schieber ist man in Stand gesetzt, die Verbrennungsgase der Puddelöfen unter die Kessel zu dirigiren, unter welchen sie vor- und zurückziehen, oder sie direct in den Schornstein abgehen zu lassen. Zur Speisung steht zwischen den beiden Dampfkesseln jeder Gruppe eine Dampfpumpe; außerdem sind sie vorschriftsmäßig mit Schwimmern, Wasserstandsgläsern und Sicherheitsventilen versehen und besitzen einen Mannhut, aus welchem die sich später vereinigenden Dampfrohre ausgehen.

Die Dampfkesselöfen, welche von Mitte zu Mitte 4,35 Met. weit auseinanderstehen, hängen mit den Puddelöfen, über denen sie stehen, nicht direct zusammen, sondern ruhen auf einem gußeisernen Gerüste aus T förmigen Balken und Platten. Sie sind oben mit einem eisernen Geländer versehen und man gelangt durch Treppen auf ihr Obertheil, welches sich bis zu 4,27 Met. über den Boden erhebt. Die Kessel liegen in einem rectangulären Canale von 1,2 Met. Weite und 0,6 Met. Höhe, welcher durch eine den Kessel tragende Scheidewand aus Chamotteziegeln in zwei Züge getheilt wird.*)

(Nach Armengaud, Public. Industr. Vol. XV.)

*) Unsere Quelle giebt auch Zeichnungen der Puddelöfen und Kessel, sowie der Walzwerke zu Rachecourt, was wir für Diejenigen, welche sich specieller für derartige Anlagen interessiren, bemerken wollen.
D. Red.

# Beschreibung der St. Ludwig-Brücke in Paris.

Von

**Féline Romany**, Oberingenieur des Straßen- und Wasserbaues.

(Hierzu Tafel 14.)

Die eiserne St. Ludwigbrücke, welche über den die Insel gleiches Namens von der Notre-Dame-Insel trennenden Arm der Seine führt, hat die vorschriftsmäßigen Probebelastungen glänzend bestanden und ist nunmehr dem Verkehr eröffnet worden. Da diese Brücke mit zu den weit gespanntesten Bögen gehört, so dürften einige Details über ihre Construction und der Bericht über die Ergebnisse der Probebelastung von Interesse sein.

Das Project zu diesem bedeutenden Bauwerke habe ich in Gemeinschaft mit Herrn Ingenieur Savarin bearbeitet und die Ausführung war bezüglich der Widerlager und Quais bei den Zugängen zur Brücke dem Herrn Garnuchot, bezüglich der Metallarbeiten dem Herrn Georges Martin anvertraut.

Localität und Constructionsbedingungen. — Der erwähnte Arm der Seine hat eine veränderliche Breite von 65 bis 70 Met. im Mittel und verbindet den sogenannten großen Arm, welcher nördlich von Notre-Dame vorbeigeht, und den südlich vorbeigehenden sogenannten kleinen Arm oder Canal der Schleuße der Münze. Als erste Bedingung wurde verlangt, daß dieser Arm ohne irgend einen Mittelpfeiler überbrückt werden solle, damit die Schifffahrt in keiner Weise gehemmt sei. Die zweite Bedingung war die, daß die Brücke bezüglich des Niveaus des Quai Napoleon beim Eingange die Cote von 9,51 Met. über dem Wasserstande nicht überschreiten dürfe, da alle öffentlichen Straßen in der Umgebung der Cathedrale dieses Niveau einhalten sollten.

Aus diesen beiden Bedingungen ergab sich die Nothwendigkeit, die Brücke in Schmiede- oder Gußeisen zu construiren, zumal da ihre Axe nach der Richtung, welche für die durch die St. Ludwig-Insel gelegte Straße in der Verlängerung der Ludwig-Philipp-Brücke angenommen war, mit dem Ufer einen Winkel von 78° bildete.

Es wurden demnach die Widerlager für eiserne Bogenträger von 64 Met. Spannweite (in schiefer Richtung gemessen) und 5,82 Met. oder 1/11 Pfeilhöhe eingerichtet, deren Füße bei 3,03 Met. über dem Sommerwasserstande stehen. Diese Höhe, vermehrt um die Pfeilhöhe und die Stärke des

Bogens im Scheitel, nöthigte dann noch zur Annahme eines Ansteigens von 2,5 Centim. pro Meter, um das Niveau der Straße auf dem Quai Napoleon inne zu halten.

Dimensionen der Widerlager. — Gründungsmethode. — Das Widerlager am rechten Ufer wurde 6 Meter über die Fläche der alten Quaimauer, dasjenige auf dem rechten Ufer noch weiter vorgeschoben, um Platz zur Errichtung der neuen Morgue zu gewinnen. Nach Anhalten der Bohrungen konnte man auf dem rechten Ufer auf einer Betonschüttung fundiren, welche blos bis 1,3 Met. unter dem Niedrigwasserstande zu versenken war. Dasselbe Verfahren wäre auch auf dem andern Ufer anwendbar gewesen; durch den im Oktober 1860 erfolgten Einsturz eines Theiles der Quaimauer bei diesem Widerlager war aber eine Ausbaggerung nöthig geworden, durch welche die Tiefe bis auf 4 Met. vergrößert worden war, und man wählte daher hier die mehrfach in Paris angewendete Gründung auf einer Art Pfahlrost, welcher aus Pfählen in Abständen von 1,25 Metern und einer dazwischen eingebrachten 2,5 Meter starken Betonschüttung auf einem 1,5 Met. starken Steinwurfe besteht (Taf. 14, Fig. 2).

Auch die von hier nach der Brücke des Archevêché führende, die Spitze der Notre-Dame-Insel umgebende Quaimauer ist auf dieselbe Weise gegründet.

Die Stärke der Widerlager beträgt 10 Meter. Sie sind in gewöhnlichem Bruchsteinmauerwerk mit Mörtel aus Portlandcement (auf 350 Kilogramme Cement kam 1 Cubikmeter Sand) hergestellt, da es sich hier darum handelte, ein Mauerwerk zu erzielen, welches gleich nach seiner Vollendung den Druck einer 1800 Tonnen wiegenden und bei der Probe noch überdies mit 600 Tonnen Gewicht zu belastenden Brücke auszuhalten im Stande sei, außerdem aber auch der Cementmörtel nur um 10 Francs theurer zu stehen kam, als gewöhnlicher Kalkmörtel, sodaß bei Verwendung von Cementmörtel blos ein Mehraufwand von 20000 Francs verursacht wurde. Die Breite zwischen den Geländern beträgt 16 Meter, wovon 10 Meter auf die gepflasterte Fahrbahn und 6 Meter auf die Trottoirs kommen.

Eisenwerk. — Wie bereits erwähnt, war die Ausführung der Eisenconstruction dem Herrn G. Martin übertragen worden, welcher dieselbe zu demselben Preise, wie die Solferinobrücke im J. 1858 zu liefern offerirt hatte, nämlich für 375000 Francs. Das Bedingnißheft enthielt folgende Bestimmungen:

1. Alles Eisen muß vom zweiten Guß sein. Zur Prüfung des Widerstandes gegen Stoß und Biegung sind von jedem Guß Probebarren zu nehmen.
2. Das auf 764000 Kilogramme abgeschätzte Gewicht soll nachgewogen werden, und wenn sich hierbei ein Mindergewicht von mehr als 5 Procent findet, so wird für jedes (außer den 5 Procenten noch) fehlende Kilogramm ein Abzug von 0,41 Francs gemacht.
3. Das Metall muß derartig vertheilt sein, daß die mittleren Bogenträger im Scheitel mindestens 86556, die äußeren mindestens 52586 Quadr.-Millim. Querschnitt besitzen.
4. Die Brücke ist zuerst mit einer gleichförmig über die Bahn vertheilten Belastung von 600 Kil. pro Quadratmeter, dann mit derselben, aber nur auf die Hälfte der Länge und Breite aufgebrachten Last (bei sonst unbelasteter Brücke) zu probiren.

Für die Ablieferung und Aufstellung war eine Frist von 8 Monaten nach Ausfertigung des Contractes festgestellt.

Beschreibung der Bogenbrücke. — Die Brücke besteht aus gußeisernen Bögen, welche mittelst durchbrochener Tympans eine aus Ziegeln gewölbte und mit dem Straßenpflaster und den Trottoirs bedeckte Brückenbahn tragen (Taf. 14, Fig. 2).

Diese neun Bögen sind so vertheilt, daß sie die ganze Breite zwischen den Geländern in acht gleiche Distanzen von 2 Meter theilen (Fig. 3). Die äußeren Bögen sind etwas ausgebogen und mit stark hervortretenden, an die Nägelbeschläge des Mittelalters erinnernden, conischen Knöpfen decorirt (Fig. 1); die mittleren Bogenträger aber bestehen im Querschnitt aus einer an den Enden 5,2 Cent., in der Mitte 3,8 Cent. dicken Mittelrippe, zwei 40 Cent. breiten und 4,5 Cent. im Mittel starken Rippen auf der obern und innern Begrenzung und einer weniger bedeutenden Mittelrippe zur Verstärkung der Wölbsteine in der Länge. Andere Nebenrippen sind noch in radialer Richtung angebracht, sodaß die Fläche eines solchen Bogenträgers in mehrere, in jeder Richtung gehörig versteifte Wölbsteine zerfällt (Fig. 4).

Die Höhe der äußeren Bögen beträgt im Scheitel 1,1, an den Fußenden 1,8 Meter, ihr Querschnitt resp. 65480 und 81500 Quad.-Millimeter. Die mittleren Bögen sind an den Füßen ebenso hoch, als die äußeren (1,8 Met.), werden aber im Scheitel um 0,1 Meter von einer Rippe überragt, welche ihre Höhe auf 1,2 Met. bringt, und besitzen resp. 91830 und 100000 Quad.-Mill. Querschnitt. Hiernach ist die Summe der Querschnitte im Scheitel um 62706 Quad.-Mill. größer, als der im Contract festgestellte Minimalquerschnitt.

Die elf Wölbsteine jedes Bogenträgers berühren sich mittelst genau abgehobelter und durch Schrauben verbundener Endflächen. Die untersten vier Wölbsteine auf jeder Seite (vom Widerlager aus nach dem Scheitel gerechnet) sind durch horizontale, abwechselnd auf der innern und äußern Wölbungsfläche angebrachte Verstrebungen untereinander verbunden, was jede Verbiegung nach der Seite verhindert. Zwischen den drei Wölbsteinen am Scheitel bewirken

nicht nur die Balken der Brückenbahn eine Verstrebung, sondern es giebt dort auch noch ein System von verticalen Streben, welche zwischen die Wölbfugen eingeschaltet sind (Fig, 3 und 4). Am Fuße der Bögen nehmen 9 gußeiserne Platten von 1,8 Met. Höhe und 0,8 Met. Breite, welche auf Werkstücke aufgeschraubt sind, den Druck auf und vertheilen ihn über eine Fläche von 12,96 Qu.-Met., während der gesammte Querschnitt der Bögen im Scheitel nur 0,77377 Qu.-Meter beträgt.

Die Tympans werden von durchbrochenen Tafeln gebildet, deren Fugen gegen diejenigen der Gewölbsteine versetzt sind (Fig. 2 und 4). An den äußeren Bogenträgern reichen diese Tafeln bis an das Gesims, welches das Geländer trägt (Fig. 1), bei den inneren haben sie aber weniger Höhe (Fig. 2), sodaß die Ziegelgewölbe, welche die Pflasterung tragen, verdeckt werden.

Die Brückenbahn besteht, wie gesagt, aus Ziegelgewölben zwischen gußeisernen Querträgern, welche 2 Meter weit auseinander stehen und mit den Bogenträgern oder Tympans durch angegossene Kästchen verbunden sind, in welche sie schwalbenschwanzförmig eingelegt, verkeilt und verkittet sind.

Ueber dem Gesims befindet sich das aus durchbrochenen Tafeln und Pilastern bestehende Geländer, welches dadurch sehr solid befestigt ist, daß die Pilaster mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in entsprechenden Löchern am Gesims stehen.

Die kleinen Gewölbe unter der Brückenbahn sollten anfänglich wie bei der Solferinobrücke aus zwei Reihen Ziegeln aufgeführt werden, da sie aber dann für den auszuhalten Druck zu stark zu werden schienen, so wurde ihnen nur 0,11 Meter Dicke gegeben, zumal da durch besondere, sorgfältig angestellte Versuche nachgewiesen worden war, daß Ziegelbögen von 2 Met. Sehne und 0,3 Met. Pfeil bei 1 Stein (0,11 Met.) Stärke 10000 Kil. Belastung pro Quad.-Meter tragen konnten, ohne zu zerbrechen. Durch diese Verminderung der Stärke reducirte sich das Eigengewicht der Brücke pro Quadratmeter um nahezu 200 Kilogramme.

Gußeisen. — Alles Eisen wurde von der Hütte zu Feurchambault (Dep. Nièvre) bezogen und dasselbe hat Nichts zu wünschen übrig gelassen. Die Proben und Wiegungen wurden durch einen Conducteur des Straßen- und Wasserbaues auf der Hütte selbst vorgenommen und dabei dieselben Methoden befolgt, wie bei der Uebernahme der Gußeisentheile für die Solferinobrücke.

Die Gewichte der Eisentheile betrugen in Kilogrammen:

| | | Solferinobrücke. | St. Ludwigbrücke. |
|---|---|---|---|
| Lagerplatten | | 26504 Kil. | 16421 Kil. |
| Bogenträger | äußere | 97229 | 85804 |
| | innere | 388129 | 358731 |
| Tympans | äußere | 42268 | 39671 |
| | innere | 141548 | 84191 |
| Verstrebungen | verticale der Bögen | 51782 | 28242 |
| | obere horizontale | 63586 | 16950 |
| | untere horizontale | 40638 | 6820 |
| | Querträger für die Fußwege | 42683 | 8709 |
| | desgl. für die Fahrbahn | 107305 | 29716 |
| Gesims | | 44597 | 35361 |
| Geländer | Tafeln | 31869 | 19098 |
| | Pilaster | 10208 | 6944 |
| Verzierungen und Nebentheile | | 2561 | 1233 |
| Gußeisenspäne | | 24788 | 8036 |
| Schmiedeeisen zu Schrauben | | 14661 | 10000 |
| | Summe | 1130356 Kil. | 755927 Kil. |

Für die St. Ludwigbrücke war das Gewicht der Eisentheile zu 764000 Kil. angenommen worden, und da es in Wirklichkeit noch nicht um 5 Procent weniger betrug, so hat der Constructeur den Contract erfüllt.

Nach vorstehender Zusammenstellung beträgt das Gewicht der Bogenträger 60, dasjenige der Tympans etwas über 16 und dasjenige der Querträger und Verstrebungen 12 Procent vom Totalgewichte, was jedenfalls eine sehr rationelle Vertheilung der Masse beweist. Bei der Solferinobrücke hatte man die Verstrebungen, deren Gewicht 27 Procent vom Totalgewichte beträgt, jedenfalls zu stark gemacht, wogegen dort das Gewicht der Bogenträger nur 43% vom Totalgewichte ausmacht.

Transport und Aufstellung der Gußtheile. — Die Gußeisentheile kamen zu Wasser nach Paris, weshalb

sie wegen des außerordentlich niedrigen Wasserstandes erst im November 1861 anlangten.

Zur Aufstellung bediente man sich zweier Laufkrahne auf einem über den Lehrgerüsten befindlichen, beide Ufer verbindenden Eisenbahngeleise. Die Kähne legten unter dem Gerüste an und man förderte die Gußeisentheile durch eine Oeffnung im Gerüste herauf, um sie dann an den gewünschten Ort zu versetzen. Obwohl die Aufstellung gerade in den kürzeiten Tagen des Jahres ausgeführt wurde, so hat sie doch nicht über 6 Wochen gedauert, sodaß am 20. December die gußeisernen Querbalken für die Ziegelgewölbe gelegt waren und deren Ausführung begonnen werden konnte.

Der gepflasterte Fahrweg und die aus Asphalt mit Randsteinen von Granit bestehenden Trottoirs wurden im Laufe des Januars vollendet, sodaß bis Mitte Februar alles soweit fertig war, daß zu den Probebelastungen geschritten werden konnte.

Probebelastungen. — Um diese Versuche, welche vom 13. bis 22. Februar dauerten, zu erleichtern und zuverlässigere Resultate zu erhalten, hatte man an jedem der 9 Bogenträger im Scheitel eine verticale Ruthe von Holz befestigt, welche bei der Einbiegung des Bogens sich neben einem mit dem Gerüste verbundenen Pfosten verschob und die Stärke dieser Einbiegung ohne Zuhilfenahme nivellitischer Messungen wahrnehmen ließ. Vor Aufbringung des Brückenbelages, als die Bogenträger nur ihr Eigengewicht und die Ziegelgewölbe zu tragen hatten, waren an diesen Ruthen zwei Niveaulinien gezogen worden, deren relative Lage beim Beginn der Versuche notirt wurde.

Der erste Versuch bestand in der Belastung der halben Länge der Brücke über die ganze Breite hin mit 600 Kilogramm pro Quadratmeter, wozu eine 0,37 Met. dicke Lage Sand vom rechten Ufer aus bis zur Mitte der Brücke aufgefahren wurde. Die Senkungen, welche durch die Verschiebung der beiden, ursprünglich in gleicher Höhe gezogenen Abgebelinien an den Ruthen gemessen wurden, sind in folgender Tabelle verzeichnet.

Einsenkungen in Millimetern.

| Datum. | Nummer des Bogenträgers in der Richtung des Stromlaufes gezählt. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 13. Febr. Beginn der Belastung | 95 | 99 | 105 | 110 | 112 | 109 | 97 | 97 | 88½ |
| 14. „ Beginn des ersten Versuches | 125 | 129 | 138 | 142 | 144 | 141 | 127½ | 126 | 115 |
| 15. „ Ende des ersten Versuches | 135 | 139 | 146 | 151 | 152 | 150 | 137 | 136 | 125 |
| Differenz zwischen der 1. und 3. Linie | 40 | 40 | 41 | 41 | 40 | 41 | 40 | 39 | 36½ |
| Differenz zwischen der 3. und 2. Linie | 10 | 10 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9½ | 10 | 10 |

Es ergiebt sich hieraus:

1. daß sich die Bögen bei dieser 24 Stunden dauernden Probebelastung ziemlich parallel um 36,5 bis 41 Millimeter gesenkt haben,
2. daß die Dauer der Belastung während 24 Stunden die Einbiegung nur um 1 Centimeter vergrößert hat.

Hierauf wurde zu den beiden andern Probebelastungen, welche ebenfalls 24 Stunden auf der Brücke gelassen wurden, geschritten und zwar wurde

1. auch die zweite Hälfte der Brückenbahn auf ihre ganze Breite belastet,
2. die zuerst belastete Hälfte entlastet,
3. die Brücke zwar in der ganzen Länge, aber blos auf der Hälfte der Breite belastet.

Die hierbei gefundenen Einbiegungen sind in der oberen Tabelle auf der folgenden Seite in Millimetern angegeben.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß während der zweiten, dritten und vierten Probebelastung nur höchst unwesentliche Veränderungen in der Senkung beobachtet worden sind, und deshalb hielt es die Commission für überflüssig, die fünfte Modalität der Belastung zu versuchen, welche doch nur das Umgekehrte des vierten Versuches ergeben haben würde.

Die Brücke wurde demnach wieder entlastet und der Stand der Einbiegung 24 Stunden später wieder aufgezeichnet. (Vergl. die letzte Tabelle auf der nächsten Seite.)

Hiernach haben die verschiedenen Probebelastungen, welche auf die Brücke aufgebracht worden sind, bleibende Einbiegungen von 14 bis 29 Millimeter Stärke hervorgerufen.

Diese Resultate sind allerdings zum Theil auch dem Einflusse der Temperatur zuzuschreiben, derselbe kann aber nur höchst unbedeutend gewesen sein, da das Thermometer

| Datum. | Nummer des Bogenträgers in der Richtung des Stromlaufes gezählt. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Zweiter Versuch.** | | | | | | | | | |
| 15. Februar. Beginn . . . . . | 161 | 163 | 170 | 176 | 188 | 188 | 172 | 164 | 148 |
| 16. „ Ende . . . . . . | 161 | 165 | 174 | 178 | 190 | 191 | 172 | 165 | 148 |
| Differenz | | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | | 1 | |
| **Dritter Versuch.** | | | | | | | | | |
| 18. Februar. Beginn . . . . . | 163 | 163 | 168 | 171 | 182 | 184 | 168 | 162 | 146 |
| 19. „ Ende . . . . . . | 162 | 161 | 167 | 172 | 183 | 185 | 170 | 165 | 151 |
| Differenz | —1 | —2 | —1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| **Vierter Versuch.** | | | | | | | | | |
| 19. Februar. Beginn . . . . . | 146 | 151 | 162 | 168 | 181 | 183 | 166 | 161 | 145 |
| 20. „ Ende . . . . . . | 148,5 | 152 | 162 | 169 | 181 | 181,5 | 166 | 160 | 144 |
| Differenz | 2,5 | 1 | | 1 | | —1,5 | | —1 | —1 |

| Datum. | Nummer des Bogenträgers. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 14. Febr. Beginn des ersten Versuches | 125 | 129 | 138 | 142 | 144 | 141 | 127,5 | 126 | 115 |
| 22. „ 24 Stunden nach der Entlastung . . . . . . | 152 | 154 | 160 | 166 | 173 | 170 | 151,5 | 145 | 129 |
| Definitive Einbiegung in Millim. . . | 27 | 25 | 22 | 24 | 29 | 29 | 24 | 19 | 14. |

in dieser Zeit nur von — 2 bis 3° bis auf + 7 bis 8° C. geschwankt hat.

Es erhellt aus dem Vorstehenden, daß das Gewicht der Brückenbahn bis zum Beginn der Versuche Einsenkungen von 88,5 bis 112 Millimetern bewirkt hat,

daß dann die erste Probebelastung eine weitere Senkung um 36,5 bis 41 Millimeter,

die übrigen drei Probebelastungen aber fast nur unmerklich kleine Vermehrungen der Einbiegung bewirkt haben,

daß also die Senkung fast nur auf Rechnung des Gewichtes der Bahn, d. h. auf einen Theil des Eigengewichtes der Brücke zu schieben ist, und

daß man im Mittel etwa 5 Cent. Einbiegung erhalten haben würde, wenn man die Probebelastung erst von da an vorgenommen hätte, wo die Brücke (incl. Pflaster u. s. w.) ihre definitive Lage angenommen hatte.

Nach den Formeln von **Bresse** sollte eine Brücke von diesen Dimensionen bei einer gleichförmig vertheilten Belastung von 600 Kil. pro Quadratmeter eine Einbiegung von 0,122 Met. zeigen und in der That haben die Versuche als Maximum 0,153, als Minimum 0,125 Met. ergeben.

**Kostenaufwand.** — Der gesammte Kostenaufwand für die St. Ludwig-Brücke beläuft sich auf 684000 Francs und vertheilt sich folgendermaaßen:

| | | |
|---|---|---|
| Mauerwerk | 260000 | Francs. |
| Eisenwerk | 375000 | „ |
| Unvorhergesehene Arbeiten | 49000 | „ |
| Summa | 684000 | Francs. |

Da nun die Oberfläche, im Grundriß gemessen, 1024 Quadr.-Met. beträgt, so ergiebt sich der Aufwand pro Quadratmeter auf 668 Francs, wovon allein auf das Eisenwerk 366,21 Francs oder etwas mehr als die Hälfte kommt.

Ich beschließe diese Notiz mit einer tabellarischen Aufstellung über die zur Bestimmung der Inanspruchnahme des Metalles erforderlichen Data und die Resultate der Berechnung, in welche des Vergleiches halber die entsprechenden Angaben für die Solferinobrücke in Paris und den Rhoneviaduct zu Tarascon mit aufgenommen sind. Für die Solferinobrücke, welche im Jahre 1859 unter meiner Leitung erbaut wurde, konnte ich leicht die erforderlichen Angaben erhalten, für den Viaduct zu Tarascon aber, welcher sehr ähnliche Verhältnisse mit der St. Ludwigbrücke besitzt (60 Met. Spannweite und 5 Met. Pfeil), entnahm ich sie dem interessanten Aufsatze der Herren **Collet-Meygret** und **Desplaces** im 7. Bande der 3. Reihe der Annales des ponts et chaussées.

| | Viaduct von Tarascon. | Solferino-Brücke. | St. Ludwig-Brücke. |
|---|---|---|---|
| | Kil. | Kil. | Kil. |
| Totalgewicht des Gußeisens ohne Lagerplatten | 1014000 | 367952 | 740000 |
| Gewicht pro Quadratmeter | 1871 | 471 | 723 |
| Permanente Belastung der Brücke | 1677200 | 1150352 | 1804960 |
| „ „ pro Quadratmeter | 3094 | 1438 | 1762 |
| „ „ „ lauf. Meter | 27713 | 28759 | 28202 |
| Probebelastung pro Quadratmeter | 625 | 600 | 600 |
| „ „ lauf. Meter | 5600 | 12000 | 9600 |
| Totale Belastung während der Proben | | | |
| pro Quadratmeter | 3719 | 2038 | 2362 |
| „ lauf. Meter | 33313 | 40759 | 37802 |
| Inanspruchnahme des Gußeisens unter der permanenten Belastung. | | | |
| Druck im Scheitel, im Ganzen | 2496941 | 1597562 | 2481776 |
| „ pro Quadr.-Millimeter | 2,05 | 3,55 | 3,21 |
| „ in den Bogenfüßen | 2640446 | 1703020 | 2640615 |
| „ auf jede Lagerplatte | 330056 | 189224 | 293401 |
| „ pro Quadr.-Centimeter | 25,39 | 24,64 | 20,37 |
| Inanspruchnahme unter der Probebelastung. | | | |
| Druck im Scheitel, im Ganzen | 3001501 | 2264162 | 3326576 |
| „ „ „ pro Quadr.-Mill. | 2,47 | 5,03 | 4,30 |
| Druck in den Füßen, im Ganzen | 3174018 | 2413625 | 3539482 |
| „ „ auf jede Platte | 396752 | 268181 | 393276 |
| „ „ pro Quad.-Cent. | 30,52 | 34,92 | 27,31 |

**Hieraus** ergeben sich nachstehende vergleichende Folgerungen.

**Obgleich** die St. Ludwigbrücke noch 4 Meter mehr **Spannweite** besitzt, als der Viaduct von Tarascon, sie auch **um 7,04 Meter** breiter ist, so beträgt das Eisengewicht doch **274000 Kilogramme** weniger und es findet sich dafür eine Erklärung, wenn man die Gewichte pro Quadratmeter vergleicht.

**Die permanente** Belastung ist bei dem Viaducte nur **um 127000** Kil. geringer als bei der St. Ludwigbrücke, **aber wegen** der geringeren Breite, auf welche sie vertheilt **ist, fällt** die Belastung pro laufendes Meter und folglich **der Horizontalschub** fast doppelt so groß aus.

**Der Druck im Scheitel ist in beiden Fällen ziemlich gleich, wegen des geringeren Eisenaufwandes fällt aber bei der St. Ludwigbrücke der Druck pro Quadratmillimeter um mehr als 1 Kilogramm höher aus, als bei dem Viaduct von Tarascon.**

Dieser Druck ist hier nach der einfachen Formel:

$$Q = \frac{p L^2}{2 f}$$

berechnet worden, wo p das Gewicht pro lauf. Meter, L die halbe Spannweite und f die Pfeilhöhe bedeutet.

Der Druck in den Widerlagern wurde nach der Formel

$$T = Q \cos\alpha + P \sin\alpha$$

bestimmt, in welcher Q den Horizontalschub, P das Gewicht des halben Brückenbogens und $\alpha$ die Hälfte des zu der Sehne gehörigen Winkels bedeutet.

Diese verschiedenen Größen haben bei den drei Bauwerken folgende Werthe:

| Viaduct von Tarascon. | Solferinobrücke. | St. Ludwigbrücke. |
|---|---|---|
| L = 30 Meter, | L = 20 Meter, | L = 32 Meter. |
| f = 5 „ | f = 3,6 „ | f = 5,82 „ |
| $\alpha = 18° 44'$ | $\alpha = 20° 25'$ | $\alpha = 20° 37'$ |

**(Nach den Annales des ponts et chaussées. 4. sér., 3. ann., 3 cah.)**

# Ueber das Lochen der Metallplatten

von

H. v. Reiche, Werkführer des Lüneburger Eisenwerkes.

(Hierzu Fig. 1—6 auf Tafel 15.)

Eine oft beobachtete Erscheinung ist, daß die Scheiben, welche man vermittelst der Lochmaschine aus Metallplatten stößt, ähnlich wie Fig. 1 zeigt, treppenförmig abgesetzt erscheinen, und daß auch das dargestellte Loch nicht glatt und cylindrisch, sondern ähnlich der Fig. 2 durch zwei Rotationsflächen begrenzt ist.

Unter allen Umständen aber, sei es, daß die Darstellung des Loches die Hauptsache ist, wie bei dem Lochen der Kesselbleche, sei es, daß die herausgestoßene Scheibe das Arbeitsproduct ist, wie bei der Darstellung der Unterlegscheiben, — unter allen Umständen, sage ich, ist diese Erscheinung unwillkommen, weil sie zur Beseitigung der nicht zu duldenden Unebenheiten einen Mehraufwand an Nacharbeit bedingt.

Nachdem ich die Ursache des Uebels erkannt zu haben glaubte, bemühte ich mich, dieselbe zu beseitigen, was mir, nach der erzielten tadellosen Arbeit zu schließen, auch sofort gelang.

Da ich über diesen Gegenstand nie etwas gehört oder gelesen habe, so halte ich ihn auch für Andere interessant genug, um ihn an dieser Stelle zur Sprache zu bringen und das zu bezeichnen, was ich für die Ursache des Uebelstandes halte, um das Mittel anzugeben, durch welches ich ein fehlerfreies Product erziele.

Das Durchdrücken der Löcher ist weit verschieden von dem eigentlichen Durchschneiden eines Stückes, und kaum ein Name unpassender gewählt, als die Bezeichnung „Durchschnitt" für die Lochmaschine.

Von einem Schneiden wird man allemal nur dann sprechen können, wenn die Kante eines schneidenden Werkzeuges das Arbeitsstück in einer Fläche trennt, welche diese Kante bei ihrer Bewegung beschreibt. — So z. B. schneidet ein Messer, der Stahl einer Dreh- oder Hobelbank, oder ein Bohrer rc.

Erfolgt dagegen die Trennung der Molecüle in einer Fläche, welche nicht durch eine Kante des trennenden Werkzeuges beschrieben wird, so findet allemal ein Zerreißen der Fasern statt. — So bei der Lochmaschine.

Beim Niedergehen des Stempels S (Fig. 3 und 4) klemmt dieser die Platte P zwischen sich und der Matrize M ein. — Die nächste Folge ist, daß die Kanten AA des Stempels und CC der Matrize die unter resp. über ihnen befindlichen Theile der Platte comprimiren, und dadurch, daß die übrigen Theile der Platte dieser Zusammenpressung nicht direct unterworfen sind, eine Spannung erzeugen, welche bei zunehmender Intensität schließlich zu Rissen führt, welche sowohl von der Kante AA des Stempels, als von der Kante CC der Matrize ausgehen, und welche in einen einzigen zusammenfallen müssen, falls eine schiere Rißfläche entstehen soll.

Nun habe ich gefunden, daß durch die Operation des Durchdrückens in der Platte nur Risse entstehen, welche mit der Bewegungsrichtung des Stempels einen, von dem Material der Platte abhängigen, ganz bestimmten Winkel $\alpha$ bilden (Fig. 5), und daß die Größe dieses Winkels für Schmiedeeisen $\alpha = 7^0$, oder dessen trigonometrische Tangente $= \frac{1}{8}$ ist.

Bezeichnet man daher den Durchmesser des Stempels mit $D_s$, den der Matrize mit $D_m$, und die Dicke der Platte mit $d$, so muß der Gleichung

$$D_m = D_s + \frac{d}{4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Genüge geleistet werden, falls die entstehenden Risse ineinanderfallen, die Rißflächen also rein und schier werden sollen.

Macht man den Durchmesser der Matrize größer, als Gleichung (1) angiebt, so vereinigen sich die Risse AH und CE nicht mit einander (Fig. 4). — Die schließliche Trennung erfolgt dann im Riß AH, falls $\frac{d}{D}$ groß ist, dagegen auch zuweilen im Riß CE, falls $\frac{d}{D}$ sehr klein ist,

wie bei der Herstellung der Unterlegscheiben. — In welchem Riß die Trennung aber auch erfolgen möge, immer wird man den andern Riß nach erfolgtem Durchdrücken in der durchlochten Platte, oder in der herausgedrückten Scheibe finden.

Macht man dagegen den Durchmesser der Matrize kleiner, als Gleichung (1) angiebt, so vereinigen sich abermals die Risse AH und CE nicht (Fig. 3). — Die schließliche Trennung erfolgt dann allemal in einer Schnittfläche IK, welche beide Risse miteinander verbindet, und welche sich auf der herausgedrückten Scheibe sehr deutlich durch hohen Glanz, im Gegensatz zu den matten Rißflächen kennzeichnet.

Viel häufiger trifft man Matrizen, deren Durchmesser kleiner ist, als Gleichung (1) angiebt, als solche, deren Durchmesser größer ist, — und man findet daher in den meisten Kesselschmieden, daß die herausgedrückten Scheiben, wie Fig. 1 darstellt, und die Löcher, wie Fig. 2 zeigt, gestaltet sind.

Da in den meisten Fällen die Darstellung des Loches der eigentliche Zweck ist, so hilft man sich, indem man die Wandung des Loches durch Aufräumen mittelst der Reibahle verbessert.

Immerhin aber ist es rationeller, die Wandung des Loches gleich vermittelst des Durchdrückens schier und glatt herzustellen, um so mehr, als dadurch ein wohlfeiles Mittel geboten wird, die Dichte der Vernietung bei Kesselarbeiten um ein Erhebliches zu erhöhen.

Es ist nämlich eine bekannte Thatsache, daß das erkaltete Niet (weil es sich beim Erkalten zusammenzieht) ein cylindrisches Loch nicht mehr ausfüllt. — Bei cylindrischen Nieten sind es also nur die Köpfe, welche dichten, und aus diesem Grunde müssen dieselben bei Kesselarbeiten ringsum verstemmt werden. — Versenkte Niete hingegen liegen, wenn die Versenkung nur nicht allzugering ist, wie leicht einzusehen, auch nach dem Erkalten mit einem bedeutenden Theil ihrer conischen Fläche dicht an, und gewähren aus diesem Grunde viel größere Garantie der Dichte des Kessels, als die cylindrischen.

Dadurch aber, daß man der Gleichung (1) Genüge leistet, erhält man factisch versenkte Niete, also größere Garantie der Dichte.

Allerdings ist nöthig, bei diesem Verfahren auf zwei Dinge streng zu halten, und zwar erstens darauf, daß die Niete ihrer ganzen Länge nach hellweißwarm verwendet, und zweitens darauf, daß die Platten mit der Stempelseite aneinander genietet werden (Fig. 6).

Gerade die letzte Bedingung wird von den Kesselschmieden nur zu gern unerfüllt gelassen, weil ihnen unbequem ist, die Platten theils auf der einen, theils auf der andern Seite vorzuzeichnen und zu körnen, was in den meisten Fällen, z. B. bei Anwendung conischer Schüsse, oder bei Herstellung des Kesselumfangs durch eine Platte nothwendig ist.

Auch beim Krummwalzen der Platten muß darauf geachtet werden, daß die richtige Seite convex und die richtige concav wird; — all diese Sorgfalt aber wird reichlich aufgewogen durch factisch größere Dichte der Nietfugen.

---

# Ueber die Formveränderung von Schmiedeeisen und andern Metallen beim Ablöschen in Wasser.

Von

Oberstleutnant H. Clerk, Mitglied der Kön. Gesellschaft in London.

(Hierzu Fig. 9 bis 22 auf Tafel 15.)

---

Vor Kurzem sollte in unseren Artilleriewerkstätten ein Rad mit einem eisernen Reifen belegt werden, welcher ungefähr $^3/_8$ Zoll Sturz erhalten mußte, und bei dieser Gelegenheit brachte einer der damit beschäftigten Arbeiter in Vorschlag, dem Reifen die conische Gestalt dadurch zu ertheilen, daß man ihn rothglühend mache und dann bis zur Hälfte in kaltes Wasser tauche. Man versuchte diese Methode und erhielt das gewünschte Resultat, indem derjenige Theil des Ringes, welcher über dem Wasserspiegel blieb, sich im Durchmesser verkleinerte. Der Reifen war 3″ breit, $^1/_2$″ dick und 50″ weit.

Da dieses Ergebniß interessant genug und wenig bekannt war, so hielt ich es für wünschenswerth, in dieser Richtung weitere Versuche anzustellen, um zu sehen, wie

weit durch mehrfach wiederholtes Erhitzen und Abkühlen die Formveränderung getrieben werden könne, und ob auch andere Metalle als Schmiedeeisen dieselbe Erscheinung zeigten.

Die Versuche wurden mit theils hohlen, theils massiven Cylindern von Schmiedeeisen von verschiedenen Dimensionen angestellt, welche theils bis zur Hälfte, theils bis zu zwei Drittheilen der Höhe eingetaucht wurden, sowie auch mit ähnlichen Cylindern von Gußstahl, Stahl, Zink, Zinn und Kanonenmetall. Alle benutzten Cylinder wurden auf der Drehbank bis zu der gewünschten Stärke genau abgedreht und in einem zum Erhitzen der Wagenradreifen bestimmten Holzglühofen zur Rothgluth erhitzt. Sobald sie die geeignete Hitze angenommen hatten, wurden sie herausgenommen und in Wasser von 60 bis 70° Fahr. bis zur Hälfte oder bis zu zwei Drittel eingetaucht, wie dies weiter angegeben werden wird. Sie blieben ungefähr 2 Minuten im Wasser, in welcher Zeit die Stücken so weit abgekühlt waren, daß sie am hervorragenden Ende nicht mehr roth aussahen und an dem eingetauchten Ende mit der Hand angefaßt werden konnten.

Das abwechselnde Glühendmachen und Ablöschen wurde so lange fortgesetzt, bis das Metall Spuren von Rissen und Beschädigungen zeigte. Nach je fünf Ablöschungen wurden die Dimensionen notirt, wobei mehr die Umfänge als die Durchmesser gemessen wurden, da die richtige cylindrische Form möglicherweise verloren gegangen sein konnte.

Im Allgemeinen ist aus den Figuren 9 bis 22 auf Taf. 15 zu ersehen, daß die Formveränderung hauptsächlich in einer starken Zusammenziehung des Metallkörpers bei ungefähr 1 Zoll Höhe über dem Wasserspiegel besteht, und daß diese Erscheinung in gleicher Weise eintritt, mag das Metall zur Hälfte oder zu zwei Dritteln eingetaucht werden und neun, sechs oder drei Zoll hoch sein.

Bei Schmiedeeisen konnte das Glühendmachen und Ablöschen fünfzehn- bis zwanzigmal wiederholt werden, ehe das Metall Spuren von einer Trennung zeigte, bei Gußeisen aber sprang das Stück nach der fünften Wiederholung und hohle Cylinder trennten sich nach dem zweiten Ablöschen ringsum genau unter dem Wasserspiegel. Gußstahl hielt zwanzig Wiederholungen aus, zeigte aber Risse über die ganze Oberfläche.

Was die Art der Formveränderung anlangt, so war das Ergebniß bei Gußeisen und Stahl ähnlich wie beim Schmiedeeisen, aber nicht so bedeutend. Gußeisen kehrte nicht zu seinen ursprünglichen Dimensionen zurück, aber der schmalste Durchmesser zeigte sich bei ungefähr 1 Zoll über dem Wasserspiegel. Zinn ließ keine Formveränderung wahrnehmen, da es offenbar keinen Mittelzustand zwischen dem geschmolzenen und festen Zustande besitzt. Messing, Kanonenmetall und Zink zeigten einen geringen Einfluß des Glühendmachens und Ablöschens, aber es war an Stelle der Zusammenziehung über dem Wasserspiegel eine Ausdehnung oder Aufbauchung zu beobachten. Die Wirkung beim Schmiedeeisen ist am besten an den massiven Cylindern (Fig. 16 und 17) zu erkennen, wo der Verdrückung der im Wasserspiegel liegenden Theilchen die Anschwellungen nach den Enden hin zu entsprechen scheinen.

Die angewendeten Eisensorten wurden von Hr. Abel, dem Chemiker des Kriegsdepartements, einer Analyse unterworfen und Derselbe berichtet, daß er nichts Abweichendes in der Constitution des Metalles gefunden habe, auch war keine merkliche Abweichung im specifischen Gewichte des von verschiedenen Stellen der Probestücken entnommenen Eisens zu bemerken. Somit scheint diese Erscheinung lediglich auf einer Verschiebung der Partikeln im weichen oder halbflüssigen Zustande zu beruhen.

Im Nachstehenden gebe ich eine speciellere Darlegung der Experimente, welche unter Aufsicht des Herrn Butter, Constructeur im Kön. Wagenbaudepartement, ausgeführt wurden; Letzterem verdanke ich auch die Zeichnungen. Am Ende des Aufsatzes theile ich eine tabellarische Zusammenstellung der vor und nach dem Ablöschen gefundenen Dimensionen mit, welche die Vergleichung erleichtert.

Versuch 1. Ein 4′ 2″ weiter, 3″ breiter und $^3/_8$″ starker schmiedeeiserner cylindrischer Reif wurde fünfmal glühend gemacht und durch Eintauchen bis zur Hälfte in kaltem Wasser abgelöscht, wodurch er eine conische Form erhielt. Das obere, in der Luft erkaltende Ende hatte sich um 8″ oder $^1/_{20}$ des ganzen Umfanges zusammengezogen und etwas an Dicke zugenommen, während das untere, im Wasser erkaltete Ende sich um 0,875″ ausgedehnt hatte, so daß zwischen den beiden Umfängen ein Unterschied von 8,875″ stattfand. Die Breite war nicht anders geworden, auch war der Ring gerade geblieben.

Fig. 9 auf Taf. 15 zeigt einen Querschnitt durch den Ring in $^1/_2$ der natürlichen Größe, wobei die punktirten Linien die ursprüngliche Gestalt angeben.

Die Beschaffenheit des Eisens wurde später an Stücken untersucht, welche vom obern, vom untern Rande und aus der Mitte entnommen waren. Die Fasrigkeit war nicht verändert und es schien durchaus keine Verschlechterung des Metalles verursacht worden zu sein; im specifischen Gewicht war auch keine merkliche Aenderung wahrzunehmen.

Versuch 2. Zwei hohle schmiedeeiserne Cylinder, 12″ im Durchmesser und $^1/_2$ Zoll stark, wovon der eine 9, der andere 6″ hoch war, wurden zwanzigmal hintereinander rothglühend gemacht und durch Eintauchen bis zur Hälfte in kaltem Wasser abgelöscht, wobei sich die aus den Fig. 10 und 11 erkenntliche Formveränderung ergab.

Der 9zollige Cylinder veränderte sich an dem oberen, in der Luft erkalteten Rande nicht, der untere, im Wasser

abgekühlte Rand zog sich aber um 0,6" und der Umfang bei ungefähr 1 Zoll über dem Wasserspiegel um 5,5 Zoll zusammen; die innere Oberfläche hatte um 0,35 Zoll an Höhe zugenommen.

Fig. 14 giebt in halber Größe einen Querschnitt, welcher die nach jeder fünften Ablöschung beobachtete Formveränderung erkennen läßt.

Der niedrigere Cylinder war oben um 0,7" zusammengezogen, unten um 0,3" ausgedehnt und bei 1 Zoll über dem Wasserspiegel um 5,25" im Umfang kürzer, auf der inneren Oberfläche aber um 0,3 Zoll höher geworden.

Versuch 3. Ein Cylinder von so dünnem Schmiedeeisen, daß es nicht geschweißt werden konnte, sondern zusammengenietet werden mußte, übrigens von denselben Dimensionen, als der eben beschriebene 9zollige Cylinder wurde 10mal rothglühend gemacht und durch Eintauchen bis zur Hälfte abgelöscht, wobei sich in der oberen und unteren Endfläche keine wesentliche Veränderung zeigte, während im Wasserspiegel (also nicht bei 1 Zoll über demselben, wie bei den vorigen Versuchen) eine Zusammenziehung um 3,5 Zoll stattfand. Fig. 12 auf Taf. 15. Die Höhe, auf der Krümmung gemessen, war um 0,15 Zoll größer geworden.

Versuch 4. Zwei schmiedeeiserne Cylinder von genau gleichen Dimensionen mit den beim 2. Versuche benutzten Cylindern wurden 20mal glühend gemacht und durch Eintauchen bis zu ²/₃ ihrer Höhe abgelöscht. Hierdurch verminderte sich der obere Umfang des höheren Cylinders um 2,1, der untere um 0,9 Zoll und es entstand bei 1 Zoll über dem Wasserspiegel eine Einschnürung mit 5,9 Zoll weniger Umfang, während die innere Fläche eine Streckung um 0,35 Zoll erfahren hatte. Fig. 15 zeigt in halber natürlicher Größe, in welcher Weise sich die Form dieses Cylinders nach jeder fünften Ablöschung geändert hatte.

Bei dem niedrigeren Cylinder hatte sich der obere Umfang um 3,6, der untere um 0,65 und der Umfang bei ungefähr 1 Zoll über dem Wasserspiegel um 4,6" zusammengezogen, die innere Fläche aber um 0,15" in der Höhe ausgedehnt. (Fig. 13.)

Versuch 5. Ein massiver schmiedeeiserner Cylinder von 3" Stärke und 6" Höhe wurde 15mal glühend gemacht und durch Eintauchen bis zur Hälfte abgelöscht, wobei sich nahe über dem Wasserspiegel und am unteren Ende eine Zusammenziehung um 0,45", am obern Ende blos eine Verminderung des Umfanges um 0,1" zeigte. (Fig. 16.)

An beiden Enden war eine Anschwellung des Metalles entstanden, besonders an dem unteren, im Wasser abgekühlten Ende, wo sie 0,15" betrug. Nach dem 15. Ablöschen zeigten sich Risse.

Versuch 6. Ein ebensolcher Cylinder wurde fünfzehnmal in gleicher Weise behandelt, aber bis zu ²/₃ eingetaucht. Die größte Zusammenziehung (0,4 Zoll) fand nahe über dem Wasserspiegel statt, der oberste Rand wurde um 0,05, der unterste um 0,35" kürzer, während nach den Enden hin ziemlich ebensolche Anschwellungen eintraten, wie beim vorigen Versuche. Nach der 15. Wiederholung machte sich eine Trennung der Fasern bemerklich. (Vergl. Fig. 17.)

Versuch 7. Zwei flache Stücken Eisen, jedes 12" lang, 6" breit und 0,5" dick, wurden 20mal geglüht und abgelöscht, wobei der eine Streifen bis zur Hälfte, der andere bis zu ²/₃ der Breite eingetaucht wurde.

Der bis zur Hälfte eingetauchte Streifen war an den Enden um 0,3 Zoll eingeschnürt, der andere blos um halb soviel. Beide waren bogenförmig geworden und hatten an der obern Kante, sowie da, wo die Einschnürungen stattfanden, um 0,1" an Stärke zugenommen. (Vergl. Fig. 18, welche den zur Hälfte eingetauchten Streifen in ¹/₄ der natürlichen Größe darstellt.)

Versuch 8. Zwei hohle schmiedeeiserne Cylinder, 9" hoch und 12" weit, wurden glühend gemacht und abgekühlt und zwar der eine 15mal in der Luft, der andere 10mal durch gänzliches Eintauchen in Wasser.

Es zeigte sich keine Veränderung in der Form.

Der in der Luft abgekühlte Cylinder, welcher vorher 49 Pfd. 14,5 Unz. wog, verlor durch Oxydation 3,5 Unzen an Gewicht. Während des Versuches wurde er mehrfach gewogen und dabei bis zur zehnten Erhitzung stets eine Gewichtszunahme bemerkt, sodaß er nach letzterer 50 Pfd. 1,125 Unz. wog; erst nach der zehnten Erhitzung fiel der Glühspan ab und der Cylinder verlor an Gewicht. Der im Wasser abgelöschte Cylinder wog ursprünglich 50 Pfd. 12,5 Unz. und nachher nur noch 48 Pfd. 14,5 Unz.; hier sprang nach jeder Ablöschung Glühspan ab.

Versuch 9. Ein massiver gußstählerner Cylinder von gleichen Dimensionen wie der beim 5. Versuche benutzte Cylinder wurde 20mal erhitzt und durch Eintauchen bis zur Hälfte abgelöscht, wobei sich eine ähnliche Wirkung wie bei dem massiven schmiedeeisernen Cylinder, aber eine andere Rissebildung zeigte.

Fig. 19 giebt in ¹/₂ der natürlichen Größe die äußere Fig. 20 die obere und Fig. 21 die untere Ansicht dieses Cylinders, wobei die punktirten Linien die ursprüngliche Gestalt repräsentiren. Die größte Zusammenziehung befand sich nahe über dem Wasserspiegel und betrug 0,38", die Anschwellungen an den Enden nur 0,075", also weit weniger als bei Schmiedeeisen.

Versuch 10. Ein hohler Messingcylinder, 6" lang, 2" im Durchmesser und ¹/₁₆" stark, wurde 34mal erhitzt und durch Eintauchen bis zur Hälfte abgekühlt, wobei sich die entgegengesetzte Wirkung von derjenigen an eisernen Cylindern ergab. Es trat nämlich in der Gegend des

Wasserspiegels eine Anschwellung ein, welche 0,175" betrug, und auch die untere Kante dehnte sich aus. (Siehe Fig. 22.)

Versuch 11. Ein hohler Cylinder aus Kanonenmetall wurde 20 mal glühend gemacht und bis zur Hälfte in Wasser getaucht. Da die Wandstärke größer als bei dem vorigen Versuche war, so war die Wirkung an der Stelle des Wasserspiegels geringer, aber die untere Kante war um 0,1" ausgedehnt. Bei dem letzten Ablöschen sprang er ringsherum auf.

Versuch 12. Ein hohler Zinncylinder wurde in Leinöl von 400° Fahr. Wärme erhitzt und dann in Wasser bis zur Hälfte eingetaucht, dieses Verfahren aber 5 mal wiederholt. Die Form änderte sich nicht im Geringsten, obwohl die Hitze das letzte Mal bis an den Schmelzpunkt erhöht worden war, wie die unterste angeschmolzene Hälfte zeigte.

Versuch 13. Ein hohler Zinkcylinder wurde 50 mal glühend gemacht und zur Abkühlung bis zur Hälfte eingetaucht. Zum Erhitzen diente ein Holzkohlenofen und zur Regulirung der Hitze ein gleichzeitig mit eingelegtes Stück Zinn, welches schmelzen mußte. Es war nämlich durch mehrfach angestellte Vorversuche mit Zinn und Zink ermittelt worden, daß bei gleicher Temperatur Zinn in 2/7 von der Zeit zum Schmelzen kam, in welcher erst Zink zerschmolz, und bei den Versuchen wurde die Zeit, in welcher das Zinn zum Schmelzen kam, genau beobachtet, der Zinkcylinder aber nachher noch einmal so lange im Ofen gelassen, so daß man ihn seinem Schmelzpunkte möglichst nahe bringen konnte, ohne doch Gefahr zu laufen, daß die Schmelzung wirklich einträte. Die letzten 5 Mal exponirte man die Zinkcylinder sogar der Flamme noch etwas länger und verzögerte das Anschmelzen der Oberseite dadurch, daß ein Stück Eisen darauf gelegt wurde, welches die Hitze davon ableitete und bewirkte, daß die Cylinder eine halbe Minute länger im Ofen bleiben konnten.

Die Wirkung war die nämliche wie bei dem Messingcylinder im Versuche 12, also die umgekehrte vom Eisen; in dem Wasserspiegel trat eine Anschwellung um 0,175" und am untern Rande eine solche um 0,115" ein.

Versuch 14. Der hohle Schmiedeeisencylinder wurde 20 mal bis zur Rothgluth erhitzt und durch Eintauchen bis zur Hälfte abgekühlt, wobei jedoch abweichend von den früheren Versuchen der Cylinder auf der Seite lag. (Fig. 23.)

Das Resultat war ein sehr complicirtes, wie die Figur zeigt, in welcher die ursprüngliche Form durch punktirte Linien angegeben ist.

Versuch 15. Ein massiver schmiedeeiserner Cylinder wurde 20 mal geglüht und auf der Seite liegend bis zur Hälfte in Wasser eingetaucht.

Das Resultat war demjenigen von Versuch 14 ähnlich, aber weniger auffallend. Der Cylinder wurde kürzer und bauchig in der Mitte, während an den Endflächen im Wasserspiegel Einbiegungen entstanden.

Versuch 16. Ein hohler gußeiserner Cylinder von gleichen Dimensionen mit dem bei Versuch 14 benutzten Cylinder wurde 20 mal geglüht und halb eingetaucht.

Bei dem zweiten Ablöschen bekam er bei 1 Zoll unter dem Wasserspiegel ringsherum Risse. Er dehnte sich überall aus, jedoch am wenigsten bei 1 Zoll über dem Wasserspiegel, d. h. er ging nicht auf seine ursprünglichen Dimensionen zurück.

Versuch 17. Ein massiver gußeiserner Cylinder, 3" stark und 6" lang, wurde 5 mal geglüht und halb eingetaucht. Bei dem fünften Ablöschen sprang er quer über den Boden; er dehnte sich ebenfalls allseitig aus und zwar am wenigsten bei ungefähr 1" über dem Wasserspiegel.

### Tabellarische Zusammenstellung der Versuche.

| Versuchsnummer. | Material. | Zahl der Eintauchungen. | Tiefe der Eintauchung. | Bezeichnung des Gegenstandes. | Dimensionen in Zollen vor dem Versuche. | nach dem Versuche. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Schmiedeeisen. | 5 | 1/2 | Reifen für ein 4' 2" hohes Rad. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang des oberen Randes | 155,5 | 147,5 | — 8,0 |
| | | | | „ „ „ unteren „ | 155,5 | 156,375 | + 0,875 |
| | | | | Neigung der Oberfläche | 90° | 69° | — 21° |
| 2a. | desgl. | 20 | 1/2 | 12 zoll. Cylinder, 9" hoch, 1/2" dick. | | | |
| | | | | Innerer Umfang des oberen Randes | 37,6 | 37,6 | |
| | | | | „ „ der Einschnürung | 37,6 | 32,1 | — 5,5 |

| Versuchsnummer. | Material. | Zahl der Eintauchungen. | Tiefe der Eintauchung. | Bezeichnung des Gegenstandes. | Dimensionen in Zollen. vor dem Versuche. | nach dem Versuche. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2a. | Schmiedeeisen. | 20 | 1/2 | 12zoll. Cylinder, 9″ hoch, 1/2″ dick. | | | |
| | | | | Innerer Umfang des unteren Randes. | 37,6 | 37,0 | — 0,6 |
| | | | | Höhe, verticale | 9,0 | 8,8 | — 0,2 |
| | | | | „ an der Curve äußerlich gemessen | | 9,15 | + 0,15 |
| | | | | „ „ innerlich „ | | 9,35 | + 0,35 |
| 2b. | desgl. | 20 | 1/2 | 12zoll. Cylinder, 6″ hoch, 1/2″ dick. | | | |
| | | | | Innerer Umfang des oberen Randes | 37,6 | 36,9 | — 0,70 |
| | | | | „ „ der Einschnürung | 37,6 | 32,35 | — 5,25 |
| | | | | „ „ des unteren Randes | 37,6 | 37,9 | + 0,30 |
| | | | | Höhe, vertical gemessen | 6,0 | 5,7 | — 0,30 |
| | | | | „ an der Curve äußerlich gemessen | | 6,05 | + 0,05 |
| | | | | „ „ innerlich „ | | 6,30 | + 0,30 |
| 3. | desgl. | 10 | 1/2 | 12zoll. Cylinder, 9″ hoch, dünnes Blech. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang des oberen Randes | 38,40 | 38,40 | |
| | | | | „ „ der Einschnürung | 38,40 | 34,90 | — 3,50 |
| | | | | „ „ des unteren Randes | 38,40 | 38,45 | + 0,05 |
| | | | | Höhe, an der Curve gemessen | 9,00 | 9,15 | + 0,15 |
| 4a. | desgl. | 20 | 2/3 | 12zoll. Cylinder, 9″ hoch, 1/2″ dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang des oberen Randes | 40,90 | 38,80 | — 2,10 |
| | | | | „ „ der Einschnürung | 40,90 | 35,00 | — 5,90 |
| | | | | „ „ des unteren Randes | 40,90 | 40,00 | — 0,90 |
| | | | | Höhe, vertical gemessen | 9,00 | 8,80 | — 0,20 |
| | | | | „ an der Curve äußerlich gemessen | | 9,00 | [illegible] |
| | | | | „ „ innerlich „ | | 9,35 | + 0,35 |
| 4b. | desgl. | 20 | 2/3 | 12zoll. Cylinder, 6″ hoch, 1/2″ dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang des oberen Randes | 40,8 | 37,20 | — 3,6 |
| | | | | „ „ der Einschnürung | 40,8 | 36,20 | — 4,6 |
| | | | | „ „ des unteren Randes | 40,8 | 40,15 | — 0,65 |
| | | | | Höhe, vertical gemessen | 6,00 | 6,00 | |
| | | | | „ an der Curve äußerlich gemessen | | 6,05 | + 0,05 |
| | | | | „ „ innerlich „ | | 6,15 | + 0,15 |
| 5. | desgl. | 15 | 1/2 | 3zoll. Cylinder, 6″ hoch, massiv. | | | |
| | | | | Umfang, oberer Rand | 9,4 | 9,30 | — 0,10 |
| | | | | „ Einschnürung | 9,4 | 8,95 | — 0,45 |
| | | | | „ unterer Rand | 9,4 | 8,95 | — 0,45 |
| | | | | Anschwellung auf der obern Endfläche | | 0,04 | + 0,04 |
| | | | | „ „ „ untern „ | | 0,15 | + 0,15 |
| 6. | desgl. | 15 | 2/3 | 3zoll. Cylinder, 6″ hoch, massiv. | | | |
| | | | | Umfang, oberer Rand | 9,4 | 9,35 | — 0,05 |
| | | | | „ Einschnürung | 9,4 | 9,00 | — 0,40 |
| | | | | „ unterer Rand | 9,4 | 9,05 | — 0,35 |
| | | | | Anschwellung auf der obern Endfläche | | 0,05 | + 0,05 |
| | | | | „ „ „ untern „ | | 0,20 | + 0,20 |

| Versuchsnummer. | Material. | Zahl der Eintauchungen. | Tiefe der Eintauchung. | Bezeichnung des Gegenstandes. | Dimensionen in Zollen. vor dem Versuche. | nach dem Versuche. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 a. | Schmiedeeisen. | 20 | 2/3 | Flacheisen, 12 lang, 6" hoch, 1/2" dick. | | | |
| | | | | Länge der Curve, oben | 12,0 | 11,10 | — 0,90 |
| | | | | „ „ unten | 12,0 | 12,20 | + 0,20 |
| | | | | Höhe an den Enden | 6,0 | 5,87 | — 0,13 |
| | | | | „ in der Mitte | 6,0 | 5,95 | — 0,05 |
| | | | | Abweichung von der Geraden, oben | | 0,50 | + 0,50 |
| | | | | Einbiegung an den Seitenkanten | | 0,15 | + 0,15 |
| 7 b. | desgl. | 20 | 1/2 | Flacheisen, 12" lang, 6" hoch, 1/2" stark. | | | |
| | | | | Länge der Curve, oben | 12,0 | 10,75 | — 1,25 |
| | | | | „ „ „ unten | 12,0 | 12,10 | + 0,10 |
| | | | | Höhe an den Enden | 6,0 | 5,75 | — 0,25 |
| | | | | „ in der Mitte | 6,0 | 6,00 | |
| | | | | Abweichung von der Geraden, oben | | 0,60 | + 0,60 |
| | | | | Einbiegung an den Seitenkanten | | 0,30 | + 0,30 |
| 8. | desgl. | 15 | 0 | 12zoll. Cylinder, 9" hoch, 1/2" dick. | kein Effect. | | |
| | | 10 | 1/1 | desgl. | | | |
| 9. | Gußstahl. | 20 | 1/2 | 3zoll. Cylinder, 6" hoch, massiv. | | | |
| | | | | Umfang, oberer Rand | 9,03 | 8,93 | — 0,10 |
| | | | | „ Einschnürung | 9,03 | 8,65 | — 0,38 |
| | | | | „ unterer Rand | 9,03 | 8,93 | — 0,10 |
| | | | | Höhe, vertical gemessen | 6,00 | 6,10 | + 0,10 |
| 10. | Messing. | 34 | 1/2 | 2zoll. Cylinder, 6" hoch, 1/16" dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang, oberer Rand | 6,175 | 6,175 | |
| | | | | „ „ Anschwellung | 6,175 | 6,350 | + 0,175 |
| | | | | „ „ unterer Rand | 6,175 | 6,270 | + 0,095 |
| 11. | Kanonenmetall. | 20 | 1/2 | 3zoll. Cylinder, 6" hoch, 1/2" dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang, oberer Rand | 9,25 | 9,24 | — 0,01 |
| | | | | „ „ Anschwellung | 9,25 | 9,26 | + 0,01 |
| | | | | „ „ unterer Rand | 9,25 | 9,38 | + 0,13 |
| 12. | Zinn. | 5 | 1/2 | 2zoll. Cylinder, 5" hoch, 1/4" dick. | kein Effect. | | |
| 13. | Zink. | 50 | 1/2 | 3zoll. Cylinder, 6" hoch, 1/2" dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang, oberer Rand | 9,525 | 9,575 | + 0,050 |
| | | | | „ „ Anschwellung | 9,525 | 9,700 | + 0,175 |
| | | | | „ „ unterer Rand | 9,525 | 9,630 | + 0,105 |
| 14. | Schmiedeeisen. | 20 | 1/2 auf die Seite gelegt. | 12zoll. Cylinder, 9" hoch, 1/2" dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang an den Enden | 40,65 | 39,86 | — 0,79 |
| | | | | „ „ in der Mitte | 40,65 | 41,05 | + 0,40 |
| | | | | Höhe an der Curve gemessen, Luftseite | 9,00 | 9,00 | |
| | | | | „ „ Wasserspiegel | 9,00 | 8,25 | — 0,75 |
| | | | | „ „ Wasserseite | 9,00 | 8,80 | — 0,20 |
| | | | | Anschwellung der Seite, 1" unter dem Wasserspiegel | | 1,00 | + 1,00 |

| Versuchsnummer. | Material. | Zahl der Eintauchungen. | Tiefe der Eintauchung. | Bezeichnung des Gegenstandes. | Dimensionen in Zollen. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | vor dem Versuche. | nach dem Versuche. | Differenz. |
| 14. | Schmiedeeisen. | 20 | ½ auf die Seite gelegt. | 12zoll. Cylinder, 9" hoch, ½" dick. | | | |
| | | | | Einschnürung der Seite, 4" über dem Wasserspiegel | | 0,40 | + 0,40 |
| | | | | Längster äußerer Durchm., 1" unter d. Wasserspiegel | 12,94 | 14,275 | + 1,335 |
| | | | | Kürzester „ „ normal zum „ | 12,94 | 12,00 | — 0,94 |
| | | | | Eindrückung der Kanten beim Wasserspiegel | | 0,45 | + 0,45 |
| 15. | desgl. | 20 | ½ desgl. | 3zoll. Cylinder, 5⅜" hoch, massiv. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang an den Enden | 9,400 | 9,200 | — 0,2 |
| | | | | „ „ in der Mitte | 9,400 | 9,475 | + 0,075 |
| | | | | Höhe, gemessen an der Luftseite | 5,375 | 5,150 | — 0,225 |
| | | | | „ „ in dem Wasserspiegel | 5,375 | 5,100 | — 0,275 |
| | | | | „ „ an der Wasserseite | 5,375 | 5,225 | — 0,150 |
| | | | | Längster Durchmesser, normal zum Wasserspiegel | 3,000 | 3,100 | + 0,100 |
| | | | | Kürzester „ parallel „ „ und etwas darunter | 3,000 | 2,760 | — 0,249 |
| 16. | Gußeisen. | 2 | ½ | 12zoll. Cylinder, 9" hoch, ½" dick. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang, oberer Rand | 40,90 | 41,05 | + 0,15 |
| | | | | „ „ geringster | 40,90 | 40,95 | + 0,05 |
| | | | | „ „ unterer Rand | 40,90 | 41,15 | + 0,25 |
| 17. | desgl. | 5 | ¼ | 3zoll. Cylinder, 6" hoch. | | | |
| | | | | Aeußerer Umfang, oberer Rand | 9,4 | 9,55 | + 0,15 |
| | | | | „ „ geringster | 9,4 | 9,50 | + 0,10 |
| | | | | „ „ unterer Rand | 9,4 | 9,55 | + 0,15 |

Anmerkungen:

Vers. 1. Die Breite war nicht verändert und die Stärke am obern Rande nur wenig größer geworden. Fig. 9.
Vers. 2a. Siehe Fig. 10.
Vers. 2b. Siehe Fig. 11.
Vers. 3. Siehe Fig. 12.
Vers. 4a. Siehe Fig. 15.
Vers. 4b. Siehe Fig. 13.
Vers. 5. Siehe Fig. 16. Der erste Riß entstand bei der 15. Ablöschung.
Vers. 6. Siehe Fig. 17. Der erste Riß entstand bei der 15. Ablöschung, nachdem sich 2 bis 3 Ablöschungen vorher ein kleines Rißchen hatte bemerken lassen.
Vers. 7b. Bei den Eindrücken an den Enden war die Metallstärke um 0,1" größer geworden. Fig. 18.
Vers. 8. Abkühlung in der Luft 15 mal, im Wasser 10 mal.
Vers. 9. Die Endflächen wurden sanft gewölbt. Fig. 19.
Vers. 10. Beim letzten Ablöschen begann das untere Ende des Cylinders im Wasser abzubröckeln (to crumble away). Fig. 22.
Vers. 11. Die Anschwellung am untern Ende rührt wahrscheinlich von dem Aufreißen des Metalles her, welches dort am größten war.
Vers. 14. Fig. 23. Bei der Einschnürung zeigte sich eine Vermehrung der Metallstärke.

---

Zu dem vorstehenden, aus den Lond. Proceedings of the Royal Society, March 1863, entlehnten Berichte des Herrn Clerk giebt das Journal of the Franklin Institute auf Oktober verg. Jahr. folgende Erklärung:

Die Ursache der von Oberst Clerk beobachteten interessanten Erscheinungen dürfte sich aus mehreren der beigegebenen Figuren, namentlich aus denen, welche sich auf die hohlen schmiedeeisernen Cylinder beziehen, erkennen lassen.

Denkt man sich solch einen Cylinder in dem Wasserspiegel zerschnitten, und in diesem Zustande nach dem Glühen abgelöscht, so sieht man, daß der untere, in das Wasser eingetauchte Theil sehr rasch abgekühlt werden und sich zusammenziehen würde, während der obere Theil nur langsam

erkalten würde. Demnach würde der obere Theil noch vorstehen, während der untere schon ziemlich erkaltet wäre, und erst wenn beide ganz kalt geworden wären, würden sie in den Durchmessern übereinstimmen. Bei den angestellten Versuchen ist aber die freie Bewegung der beiden Theile ihres ununterbrochenen Zusammenhanges wegen nicht möglich; der obere Theil sucht vielmehr den unteren auszudehnen und der untere Theil den oberen zusammenzuziehen. Bei diesem Kampfe siegt das kühlere und folglich widerstandsfähigere Metall, sodaß der obere Theil, während er noch heiß ist, etwas über der Wasserlinie eine Zusammenziehung erfährt. Er kann sich aber bei der Abkühlung noch zusammenziehen und wird dies im Verhältniß seiner Temperatur thun, soweit er nicht daran durch den Zusammenhang mit dem unteren Theile gehindert wird. Demnach bleibt als schlüßliches Resultat eine gewisse Einschnürung oberhalb des Wasserspiegels zurück und es ist einleuchtend, daß dieselbe um so näher am Wasserspiegel stattfinden wird, je dünner unter sonst gleichen Umständen die Wandungen sind. Ist aber der Cylinder sehr niedrig, so wird durch dieselbe Ursache eine conische Verziehung der Ringfläche bewirkt werden, da zu etwas Weiterem kein Platz vorhanden ist.

Es ist jedoch noch eine andere Ursache der Formveränderung mit thätig, welche man aus Fig. 9 erkennen kann. Denkt man sich nämlich eine metallische Masse erst so erhitzt, daß sie einigermaaßen plastisch wird, und dann an einem beträchtlichen Theile ihrer Oberfläche abgekühlt, so zieht sich beim Abkühlen die Haut zusammen und wird fester, sodaß sie die innere Masse herauszuquetschen beginnt. Dies erklärt die Aufbauchungen oder Wölbungen an den Endflächen der massiven schmiedeeisernen Cylinder und die Sprünge in ihrer Oberfläche. Die Haut am Boden ist natürlich eben so fest, als diejenige an der eingetauchten Mantelfläche, allein eine auf Ausdehnung in Anspruch genommene Fläche leistet einen weit größeren Widerstand, als eine ebene Fläche, welche einer nach Art des hydraulischen Druckes wirkenden Pressung ausgesetzt ist. Auch an diesen massiven Cylindern ist die der ersten Ursache entsprechende Formveränderung wahrzunehmen, jedoch natürlich in weit weniger hervortretender Weise als bei hohlen Cylindern.

Die Tendenz der sich zusammenziehenden erkaltenden Haut, die umschlossene heiße Metallmasse herauszudrücken, scheint die Ursache der Anschwellung zu sein, welche an dem Messingcylinder in der Gegend des Wasserspiegels wahrzunehmen ist. Schmiedeeisen ist so zäh, daß es selbst bei hohen Temperaturen der Verschiebung der inneren Partikeln, welche ein solches Zusammenziehen der Haut hervorzurufen sucht, kräftig entgegentritt, aber Messing, welches sich an den heißeren Theilen mehr dem geschmolzenen Zustande nähert, zeigt diese Wirkung deutlich. Muthmaaßlich würde auch bei Messing ein sehr dünner hohler Cylinder eine Einschnürung über dem Wasserspiegel zeigen. Gäbe es ein Metall, welches bei den Temperaturen, mit welchen experimentirt wurde, mehr Festigkeit besäße, als im kalten Zustande, so würde die zuerst aufgestellte Ursache eine kleine Anschwellung unter dem Wasserspiegel hervorrufen.

# Versuch einer Theorie der Dreschmaschine

von

H. v. Reiche, Werkführer des Lüneburger Eisenwerkes.

(Hierzu Fig. 7 und 8 auf Taf. 15.)

Die Theorie einer Arbeitsmaschine aufzustellen ist immer ein mißlich Ding. — Bei dieser Aufgabe reicht der Calcül für sich allein nicht aus; um sie mit Glück zu lösen, bedarf es durchaus der Erfahrung.

Leider, und wohl aus diesem Grunde, besitzen wir noch sehr wenig Theorieen von Arbeitsmaschinen, so wünschenswerth solche auch sind, — denn eine Theorie ist doch schließlich weiter Nichts als die Beurtheilung einer Maschine und ihrer Elemente mit bewaffnetem Verstande. Freilich ist im Allgemeinen wahr, daß der nackte Verstand hinreicht, die Nützlichkeit oder Schädlichkeit der Maschinenelemente, ihrer Formen und ihrer Geschwindigkeiten zu beurtheilen, — erläßt uns aber im Stich, sobald es gilt, das Beste aus dem Guten herauszusuchen, oder zu bestimmen, ob ein bestimmter Zweck am Vortheilhaftesten auf die eine oder auf die andere Weise zu erreichen ist.

Was speciell die Dreschmaschinen anbetrifft, so sind dieselben nunmehr dem Zeitalter des Experimentirens, besser

gesagt: dem Zeitalter des Hin- und Hertappens, vollständig entwachsen, und zu einer Vollkommenheit gediehen, welche kaum mehr etwas zu wünschen übrig läßt. — Das Prinzip, auf welchem sie basiren, ist so rationell wie elegant. Deshalb darf man behaupten, daß die jetzigen Breitdreschmaschinen, — und nur von diesen ist in Folgendem die Rede — wohl vervollkommnet, nicht aber durch Maschinen verdrängt werden können, welche auf Grund eines anderen Princips construirt worden sind. — Das Letztere wäre etwa eben so wahrscheinlich, wie die Verdrängung des Mahlganges durch eine Mahlmaschine anderen Princips, — denn eben so rationell, vielleicht rationeller als ein Mahlgang ist eine Dreschmaschine eingerichtet, und eben so vollkommen arbeitet sie.

Die Getreidekörner, welche durch das Dreschen vom Stroh getrennt werden sollen, sind bekanntlich in den Aehren eingeschlossen, und es bedarf einer gewissen Gewalt, um sie aus denselben zu befreien.

Bis vor wenigen Decennien geschah diese Trennung der Körner vom Stroh allgemein durch Handarbeit, wenn auch schon sehr früh Versuche gemacht worden sind, sie durch Maschinen bewerkstelligen zu lassen.

Die Art und Weise, wie die Handarbeit früher ausgeführt wurde, und zum Theil noch ausgeführt wird, besteht darin:

1) entweder, daß der Arbeiter die Garbe am Wurzelende mit beiden Händen erfaßt, und kräftig wiederholt auf einen Bock schlägt, der im Wesentlichen aus einem auf vier Beinen stehenden horizontalen Baum besteht (das Bocken),

2) oder darin, daß der Arbeiter die Halme auf einer harten Ebene (gewöhnlich der Scheunentenne) ausbreitet, und mit einem harten Gegenstande (dem Dreschflegel) darauf schlägt (das Dreschen), oder

3) in vorhergehendem Bocken und nachfolgendem Dreschen, — die gebräuchlichste Art.

Man erkennt leicht, daß das (sub 2) erklärte Dreschen eines der rohesten Mittel ist, um zum Ziele zu gelangen, — denn es ist dabei unvermeidlich eine gewisse Anzahl Körner platt zu schlagen, und so für bestimmte Zwecke untauglich zu machen.

Das Bocken hingegen beruht auf durchaus rationellem Principe. Die Körner werden hier nicht zwischen zwei harten Flächen zermalmt, sie schlagen vielmehr mit einer gewissen Geschwindigkeit auf nur eine harte Fläche, und trennen sich vermöge der ihnen innewohnenden lebendigen Kraft von den Aehren. — Da nun die lebendige Kraft, welche nöthig ist, um die Körner aus den Aehren zu befreien, der Erfahrung gemäß bei Weitem kleiner ist, als diejenige, welche ein Korn zerquetschen könnte, so folgt, daß das Princip des Bockens nichts zu wünschen übrig läßt.

Wenn daher der Arm des Arbeiters zu schwach ist (und er ist es), um die Halme mit der Geschwindigkeit auf den Bock niederzuschlagen, welche selbst die Körner frei macht, welche am festesten in den Aehren sitzen, so folgt ganz einfach, daß man nur nöthig hat, diese Function einer Maschine zu übertragen, um ein Resultat zu erzielen, welches vollkommener ist, als das beim Dreschen gewonnene.

Eine Maschine nun, welche auf die erklärte Weise das Getreide bockt, ist die jetzt gebräuchliche Breitdreschmaschine, welche obiger Erklärung nach viel eigentlicher eine „Bockmaschine" zu nennen wäre.

Die Breitdreschmaschine, oder schlichtweg Dreschmaschine, besteht im Wesentlichen aus zwei Theilen: der Dreschtrommel und dem Dreschkorbe.

Die Dreschtrommel T, welche in Fig. 7 im Querschnitt gezeichnet ist, besteht der Hauptsache nach aus einer Anzahl eiserner Schlagleisten S, S, S rc., welche in gleicher Entfernung von der horizontalen Axe A parallel zu ihr angeordnet, und auf guß- oder schmiedeeisernen Scheiben s, welche ihrerseits auf der Axe A aufgekeilt sind, vernietet werden.

Der Dreschkorb K, welcher die Trommel auf einem Theil ihrer Peripherie umschließt, besteht wiederum aus eisernen Schlagleisten $S_1$, $S_1$, $S_1$ rc., welche auf gußeisernen oder hölzernen Segmentstücken $s_1$ festgenietet sind, und ebenfalls parallel der Axe A der Dreschtrommel liegen.

Beim Dreschen steht der Korb absolut fest und unbeweglich, die Trommel hingegen rotirt um ihre Axe. — Ein Arbeiter ergreift die Halme und wirft sie parallel zur Dreschtrommelaxe in den über der Dreschtrommel befindlichen Rumpf R. — Durch diesen fallen die Halme auf die Trommel, und, indem sie durch peripherisch um die Trommel laufende, ca. $1/_{16}$" bis $1/_8$" dicke, und ungefähr $1 1/_2$" von einander entfernte Drahtringe D verhindert werden, in das Innere derselben zu gelangen, werden sie von einer Schlagleiste der Trommel erfaßt und tangential zu ihr mit der Umfangsgeschwindigkeit derselben fortgeschleudert, — und zwar gegen die oberste Schlagleiste des Korbs.

Durch den gewaltigen, hierbei stattfindenden Stoß trennen sich die Körner größtentheils von den Aehren, und fallen durch die Zwischenräume der Schlagstäbe $S_1$ und der Drahtringe $D_1$ des Korbes aus der Maschine. — Die Halme aber, welche sich nie ganz parallel auf die Korbleisten legen, und in gewissem Grade immer mit einander zusammenhängen, werden, ohne zur Ruhe zu gelangen, sofort wieder von der Korbleiste herabgezogen, von Neuem, und zwar durch die folgende Schlagleiste der Trommel erfaßt und gegen die zweite Schlagleiste des Korbes geworfen, von der sie auf gleiche Weise auf die dritte gelangen, u. s. f., bis sie, unten angekommen, von der letzten als Stroh aus der Maschine geworfen werden.

Was wir nun durch Raisonnement und Calcül festzustellen haben, ist:

1) Vortheilhaftester Werth des Durchmessers, der Länge und der Umfangsgeschwindigkeit der Trommel.
2) Vortheilhafteste Anzahl, Form und Größe ihrer Schlagleisten.
3) Vortheilhafteste Anzahl, Anordnung, Form und Größe der im Korbe befindlichen Schlagleisten.
4) Die zum Dreschen nöthige Arbeit.

*Die Form der Schlagleisten des Korbes* ist sehr verschieden. — Da nicht Zweck dieses Artikels ist, die bestehenden Variationen aufzuzählen, so wollen wir sofort die Frage nach der *rationellsten Form* derselben aufwerfen. Als solche kann unter Beziehung auf den oben dargelegten „Vorgang beim Dreschen" nur *die* erkannt werden, welche eine *Fläche* darbietet, *normal zur Bewegungsrichtung der auf sie geworfenen Halme*, — denn unter diesen Umständen wird der Stoß am größten, die Trennung der Körner vom Stroh also am vollständigsten sein.

Man könnte fürchten, daß bei einer solchen Form der Schlagleisten die Halme leicht auf ihnen liegen bleiben und so ein Kissen bilden könnten, welches durch seine Elasticität den Stoß der nachfolgenden Halme merklich schwächen, resp. die Wirkung, also den Ausdrusch, verhindern oder mindern würde. Diese Furcht, welche auch ich Anfangs hegte, ist eine durchaus unbegründete. — Ich habe mit Maschinen gearbeitet, in denen die Richtung der Schlagflächen des Korbes durch den Mittelpunkt der Trommelaxe ging, welche also *noch* ungünstiger in Bezug auf oben angedeutetes Bedenken gerichtet waren, und habe mich überzeugt, daß auch nicht *ein* Halm in den Zwischenräumen zwischen zwei Schlagleisten liegen blieb.

Man erkennt dies sehr leicht durch einen Blick, den man während des Dreschens von unten in den Zwischenraum zwischen Trommel und Korb wirft. — Der Korb erscheint dann in all seinen Theilen ganz deutlich und unverdeckt, nur von einer leichten Gaze gleichmäßig überzogen, — eine Wirkung der ihn mit rasender Geschwindigkeit passirenden Halme, und ein sicheres Merkmal, daß auch nicht *ein* Halm in ihm festliegt — müßte man doch, im andern Fall, ihn eben so deutlich sehen, wie die, nicht dickeren, Drähte des Korbes.

Sehr häufig verwendet man zu den Schlagleisten *geriffelte* Stäbe, welche vermöge ihrer scharfen Kanten und Ecken *durch Reibung* den Ausdrusch befördern sollen. — Solche Wahl kann nur verdammt werden, da durch diese Leisten Stroh und Korn ruinirt und, wie die Erfahrung gelehrt hat, der Ausdrusch nicht merklich erleichtert wird, — ein Resultat, welches sich, wenn man sich wiederum den oben erklärten „Vorgang" vergegenwärtigt, leicht erklären läßt.

Bei einer guten Dreschmaschine sollen vielmehr *alle* scharfe Ecken, gegen welche das Korn schlagen könnte, sorgfältig vermieden werden, und ist deshalb nothwendig: die in der Schlagmantelfläche liegenden Kanten des □- oder ∟-Eisens der Schlagleisten mit der Feile zu bestoßen, und zu brechen oder abzurunden. — Bei der Trommel erreicht man dieses Resultat von selbst dadurch, daß man dieselbe, wie es auf unserm *Werke* geschieht, über und über *abdreht*, ein Verfahren, welches außerdem ein vollkommenes Rundlaufen der Trommelschlagleisten, und dadurch den vollkommenen Ausdrusch nicht unerheblich sichert.

Als zweites Element wollen wir die zweckmäßigste *Größe der Schlagleisten*, d. h. die *Breite ihrer Schlagflächen* zu ermitteln suchen.

Zu dem Ende sei in Fig. 8 die Curve **st** die innere Begrenzungslinie der Schlagleisten des Korbes, **uv** der äußere, **wx** der innere Umfang der Trommel, **ab** eine beliebige Schlagleiste des Korbes, **ln** eine solche der Trommel; dann ist klar, daß der *am weitesten* geworfene Halm in der an den äußeren Trommelumfang **uv** durch **b** gezogenen Tangente **mo** wird fortgeschleudert werden, daß also *unnöthig* ist, die auf **ab** folgende Schlagleiste über diese Tangente hinaus zu verlängern. — Andrerseits ist wünschenswerth, die Größe der (wirksamen) Schlagfläche so groß wie möglich zu nehmen, weil in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit am größten ist, daß jeder Halm einzeln, und nicht etwa ein Halm über dem andern liegend, auf die Schlagfläche geworfen wird. Endlich würden die Halme, schlügen sie gegen die Drähte $D_1$ anstatt gegen die Schlagleisten $S_1$, vielfach geknickt, auch wohl von den ganzen Aehren getrennt werden, welche dann unausgedroschen die Maschine verließen, — ein Uebelstand, dem nur durch Verlängerung der Schlagleisten bis zur Tangente **mo** vorzubeugen ist.

Es wird demnach als Regel festzustellen sein, *jede Schlagleiste so breit zu nehmen, daß sie von der inneren Begrenzungslinie (st) des Korbes bis zur Tangente (mo) reicht, welche an den äußeren Umfang der Trommel (uv) durch den der Trommel am nächsten liegenden Punkt (b) der vorhergehenden Schlagleiste (ab) gezogen wurde.*

Es leuchtet sogleich ein, daß dieser Bedingung eine unendliche Menge Schlagleisten: **cd**, **ef**, **gh**, **ik** u. s. w. genügen, deren absolute Größe mit der Theilung auf der inneren Korbfläche, d. i. mit der Entfernung zweier Korbschlagleisten, gemessen, auf der Linie **st** wächst, und daß demnach die absolute Größe der Korbschlagflächen abhängig ist von der *Anzahl* der Schlagleisten, bei gegebener Länge der Linie **st**.

Andererseits ist erwiesen, daß, wenn die letztgenannten

Elemente gegeben sind, über Größe und Form der Korbschlagleisten kein weiterer Zweifel obwalten kann.

Was die letztern betrifft, so sieht man leicht, daß die Schlagfläche, damit alle Halme normal aufschlagen, streng genommen nach einer Evolvente ijk gekrümmt sein müßte, deren Grundkreis der Außenkreis uv der Trommel wäre. — Da jedoch solches Eisen im Handel nicht käuflich ist, so wird man sich ohne merklichen Nachtheil der Schlagleisten mit Schlagebenen bedienen, wenn man dieselben so stellt, daß der Halm normal aufschlägt, welcher die Mitte der Ebene trifft.

Die Anordnung der Schlagleisten betreffend, so ist mit Recht gebräuchlich, die innere Begrenzungslinie st derselben so zu gestalten, daß der Zwischenraum zwischen ihr und dem Trommelumfang uv sich allmälig nach untenzu verengt.

Diese Anordnung hat den Zweck, einmal, die Einführung der Halme zu erleichtern, und dann: Unregelmäßigkeiten in der Speisung, welche oft außerordentlich beträchtlich sind, minder unschädlich zu machen.

Wenn nämlich eine große Anzahl Halme zugleich zwischen Trommel und Korb geräth, so würde, liefe der Korb durchaus äquidistant zur Trommel, ein momentaner Stillstand der Maschine, wie er dennoch häufig vorkommt, die unausbleibliche Folge sein. Bei solch einer plötzlichen Hemmung der Maschine wird aber, vermöge der enormen Geschwindigkeit der Trommel, eine große Arbeitskraft momentan frei, die sich unter Umständen durch Zertrümmerung einzelner Maschinentheile kundgeben kann.

Ist hingegen der Zwischenraum zwischen Trommel und Mantel oben größer als unten, so wird von vielen auf einmal eingeworfenen Halmen ein Theil eine sehr kurze Zeit im oberen (weiteren) Theile verweilen, bis sich die Quantität der Halme so weit vermindert hat, daß auch er ungehindert passiren kann. — Der obere, weite Zwischenraum zwischen Korb und Trommel wirkt demnach als ein, wenn auch sehr unvollkommener, Speiseregulator.

Die kleinste Entfernung zwischen Trommel und Korb, welche also unten stattfindet, richtet sich nach der zu dreschenden Getreideart, und ist demnach verstellbar. Man behauptet, daß sie nicht kleiner sein darf, als die Dicke eines Kornes, weil im andern Falle ein Theil der Körner zerschnitten werden würde.

Ich kann dieser Behauptung nicht beipflichten, und diese Regel nicht anerkennen. — Ich habe bei einem Probedrusch, bei welchem Roggen gedroschen wurde, die Maschine so eng gestellt, daß zwischen der untersten Korbleiste und der Trommel kein Kartenblatt mehr Platz hatte, so daß ich anfing, zu fürchten, die Schlagleisten der Trommel würden sich durch die Centrifugalkraft so weit durchbiegen, daß sie gegen die Schlagleisten des Korbes schlagen, und die Maschine zertrümmern könnten. — Diese Furcht bewies sich als unbegründet, ebenso diejenige, es möchten einige Körner zerschlagen sein, denn ich habe trotz des sorgfältigsten und anhaltendsten Suchens auch nicht ein beschädigtes Korn gefunden.

Im Allgemeinen ist es daher vortheilhaft, die Entfernung zwischen Trommel und Korb auf eine möglichst große Länge des Umfangs so klein als möglich zu nehmen, damit die Halme mit der wirklichen Umfangsgeschwindigkeit der Trommel gegen die Leisten schlagen, und nicht vorher einen Theil dieser Geschwindigkeit durch den auf so leichte Körper sehr wirksamen Luftwiderstand verlieren.

Es versteht sich dabei von selbst, daß man beim Dreschen sehr grober und lose im Stroh sitzender Körner, also z. B. beim Dreschen von Erbsen, Bohnen ꝛc. die Maschine nicht so eng stellen wird, wie beim Dreschen von Weizen, Roggen oder Hafer, weil man dadurch, wie leicht ersichtlich, die quantitative Leistungsfähigkeit der Maschine insofern herabdrücken würde, als man genöthigt wäre, zur Verhütung von Verstopfungen weniger einzulegen.

Allgemeine, für alle Maschinen gültige Regeln in Bezug auf Entfernung zwischen Korb und Trommel können nicht gegeben werden, und ist nur zu bemerken, daß man diese Entfernung verringern, und weniger einlegen muß, falls der Ausdrusch nicht vollkommen sein sollte, daß man sie hingegen zu vergrößern hat, sollte man zerquetschte oder zerschnittene Körner finden.

Um die kleinste Entfernung zwischen Korb und Trommel auf eine große Umfanglänge beibehalten zu können, befolgen viele Fabrikanten die sehr lobenswerthe Methode, den untern Theil tz der Korbbegrenzungslinie äquidistant zur Trommel zu legen, und erst von z an aufwärts den Korb von der Trommel allmälig zu entfernen.

Die Form der Schlagleisten in der Trommel ist nicht minder wichtig, als die derjenigen im Korbe.

Diese Schlagleisten haben, wie erklärt, einmal den Zweck, die Halme im Fluge zu erfassen und wieder fortzuschleudern, — eine Function, welche sie unter allen Umständen ausüben werden, falls man sich nur nicht zu weit von dem einfach Vernünftigen und Bestehenden entfernt.

Ferner aber haben sie den Zweck: mit möglichst großer Gewalt gegen die in Ruhe befindlichen, oder jedenfalls sehr viel langsamer sich bewegenden Halme zu schlagen, um durch die Gewalt des Stoßes den Ausdrusch zu befördern.

Man sieht leicht, daß die Wirkung dieses Stoßes genau so zu beurtheilen ist, wie die von dem Stoß herrührende, welchen die Halme beim Auftreffen auf die Korbschlagleisten erfahren, und zwar ist sie am größten, wenn die Schlagfläche der Trommelleisten radial gerichtet ist.

Aus diesem Grunde halte ich diejenigen Schlagleisten

für die besten, welche mit ihrer Schlagfläche, einer Ebene, welcher man zweckmäßig eine Breite von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}''$ ertheilt, etwas gegen den Radius geneigt sind, dergestalt, daß diese geringe Neigung die Halme noch nach außen zu drängen sucht. — Keinenfalls darf das Umgekehrte stattfinden.

Im Uebrigen ist es leicht, bei gegebener Trommeltheilung, d. h. bei gegebener Entfernung zweier benachbarter Schlagleisten auf der Trommel, die Tiefe derselben, d. i. die radiale Entfernung der Umfänge u v und w x durch Rechnung zu bestimmen. — Ihr vortheilhaftester Werth ist nämlich der, bei welchem ein frei durch den Rumpf fallender Halm, welcher den Umfang u unmittelbar hinter einer vorbeisausenden Schlagleiste passirte, den Umfang w x zu einer Zeit trifft, in welchem er von der folgenden Schlagleiste getroffen wird. Man erkennt daher, daß die Tiefe und folglich die Breite der Trommelschlagleisten abhängig ist von der Trommeltheilung, so zwar, daß sie, also auch der Luftwiderstand und die durch diesen consumirte Arbeit mit der Trommeltheilung wächst, daß also eine große Trommeltheilung, wie dies auch die spätere Rechnung noch aus andern Gründen ergeben wird, — ungünstig ist.

Wir kommen nunmehr zum letzten und wichtigsten Element, welches sich der Behandlung durch Rechnung nicht unterwerfen läßt, und daher durch Raisonnement abgethan werden muß: — die Umfangsgeschwindigkeit der Trommel.

Diese bestimmt die Gewalt, mit welcher die Halme gegen die Schlagleisten stoßen, und ihre nothwendige Größe ist allein durch die Erfahrung zu bestimmen. — Gewöhnlich variirt sie zwischen 17,5 bis 28 Metern, oder zwischen 53′ bis 90′ Rheinisch.

Nach meiner persönlichen, durch Erfahrung gewonnenen Ueberzeugung ist es ganz unmöglich, einen vollkommenen Ausdrusch zu erzielen, wenn die Umfangsgeschwindigkeit der Trommel nicht mindestens 60′ Rheinisch beträgt, so daß also der Trommelumfang pro Tertie einen Weg von 1′ zurücklegt.

Andererseits bin ich überzeugt, daß sich mit jeder Maschine, wenn ihre Construction nur nicht zu weit von dem Rationellen und Gebräuchlichen abweicht, ein vollkommener Ausdrusch erzielen läßt, und zwar ganz allein durch Vermehrung der Umfangsgeschwindigkeit.

Bei einem Probedrusch, welchen ich mit einer Maschine vornahm, deren Dimensionen, um sie billig herzustellen, auf ein Minimum reducirt waren, und welche namentlich eine im Durchmesser bedeutend kleinere Trommel enthielt, ohne daß deren Umdrehungszahl von der unserer gewöhnlichen Maschinen abgewichen hätte, wollte der Zufall, daß sehr nasser Hafer gedroschen werden sollte.

Der Ausdrusch war, so eng ich auch die Maschine stellte, unvollkommen, und der Pferdeeigenthümer nicht zu bewegen, seine Thiere im Göpel zu einem rascheren Gange anzutreiben. — Da suchte und fand ich auf dem Werke zwei Räder, welche in das Göpelvorgelege paßten, und eine beträchtlich größere Umsetzung gewährten. — Kaum mit den alten ausgewechselt, ergab sich das allerbefriedigendste Resultat.

Auch der Landwirth, welcher mit Maschinen zu dreschen gewohnt ist, ist so fest von der absoluten Nothwendigkeit einer gewissen großen Umfangsgeschwindigkeit überzeugt, daß er keiner Maschine traut, welche nicht in einer gewissen Höhe „heult".

Das Geräusch, welches derselbe mit „Heulen" bezeichnet, ist eine Wirkung der rasch durch die Luft sausenden Trommelleisten, und dem Geräusch, welches unsere alten Ventilatoren verursachen, nahe verwandt. — Es wächst an Intensität und Höhe mit der Umfangsgeschwindigkeit, und ein geübtes Ohr ist sehr bald im Stande, blos danach zu entscheiden, ob die Trommel die nöthige Geschwindigkeit besitzt, oder nicht.

Um unsern Weg weiter fortzusetzen, ist nunmehr nöthig, eine einfache Rechnung anzustellen.

Zu dem Ende sei:

$G$ das Gewicht der Halme, welche in einer Secunde gedroschen werden.

$G_1$ das Gewicht der Halme, welche, ohne sich zu decken, bei durchaus regelmäßiger Vertheilung auf der Breiteneinheit einer Schlagleiste Platz finden.

$G_2$ das Gewicht der Halme, welche bei absolut regelmäßiger Speisung auf einmal auf eine Schlagleiste des Korbes geworfen werden würden.

$G_3 = \alpha . \beta . G_2 = \varphi . G_2$.

$G_4$ das Gewicht der Halme, welche mit einem Mal von einer Trommelleiste erfaßt werden.

$G_5 = \frac{G_3}{B}$ das Maximalgewicht der Halme, welche auf ein Mal auf die Breiteneinheit eines Schlagstabes geworfen werden.

$\alpha$ der Unregelmäßigkeitscoefficient des Einlegers, d. i. die Zahl, mit der man $G_2$ multipliciren muß, um das unvermeidliche, und darum zu gestattende Maximum des Gewichtes der Halme zu erhalten, welche auf ein Mal auf einen Schlagstab des Korbes geworfen werden.

$\beta$ der Coefficient, welcher angiebt, wie viel dichter sich die auf ein Mal auf eine Schlagleiste geworfenen Halme stellenweis legen, als wenn sie durchaus regelmäßig vertheilt wären.

$\varphi = \alpha . \beta$.

$\gamma$ das Gewicht der Halme, welche bei regelmäßiger Vertheilung, ohne sich zu decken, die Quadrateinheit einer Schlagleiste einnehmen.

$\delta$ ein echter Bruch, und zwar

$$= \frac{\text{Gewicht der Körner einer Garbe}}{\text{Gewicht der ganzen Garbe}}.$$

$\mathfrak{N}$ die absolute Anzahl der Körner einer Garbe.

$n_1$ die Anzahl Körner einer Garbe, welche auf den Korbschlagleisten ausgedroschen werden.

$n_2$ die Anzahl Körner einer Garbe, welche auf den Trommelschlagleisten ausgedroschen werden.

$\mathfrak{A}_1 = \frac{n_1}{\mathfrak{N}}$ der auf den Korbschlagleisten bewerkstelligte Ausdrusch.

$\mathfrak{A}_2 = \frac{n_2}{\mathfrak{N}}$ der auf den Trommelschlagleisten bewerkstelligte Ausdrusch.

$n = n_1 + n_2$ die Anzahl der Körner einer Garbe, welche durch die Maschine überhaupt ausgedroschen werden.

$\mathfrak{A} = \frac{n}{\mathfrak{N}} \left(= \mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2 = \frac{n_1 + n_2}{\mathfrak{N}}\right)$ der Ausdrusch.

$\vartheta$ der Durchmesser der Dreschtrommel.

l die Länge derselben.

u die Anzahl ihrer Umdrehungen pro Minute.

v ihre Umfangsgeschwindigkeit.

$n_t$ die Anzahl ihrer Schlagleisten.

$n_k$ die Anzahl der Korbschlagleisten.

b die Breite einer Korbschlagleiste.

B die Breite, welche eine Korbschlagleiste erhalten müßte, falls sämmtliche Halme **nur auf ihr** ausgedroschen werden sollten, falls sie also die **einzige** Leiste des Korbes wäre.

$l_1$ die durchschnittliche Länge der gerade zu dreschenden Halme.

A die (**nur**) zum Dreschen nöthige Arbeit.

$\zeta_1 = \frac{\mathfrak{A}}{A}$ das **qualitative** Güteverhältniß der Maschine, d. i. die mit der Arbeitseinheit wachsende Vermehrung des Ausdrusches.

$\eta = \delta G \mathfrak{A}$ das Gewicht der in der Secunde ausgedroschenen Körnermenge.

$\zeta = \frac{\eta}{A} = \frac{\delta G \mathfrak{A}}{A}$ das **quantitative** Güteverhältniß der Maschine, d. i. das Gewicht der mit der Arbeitseinheit ausgedroschenen Körnermenge.

t die Trommeltheilung, d. i. die peripherische Entfernung zweier benachbarter Trommelleisten von einander.

Die Anzahl Trommelleisten, welche in 1 Secunde den Rumpf passiren, ist $= n_t \frac{u}{60}$; daher das Gewicht der Halme, welches bei absolut regelmäßiger Speisung ein Schlagstab der Trommel vom Rumpfe mitnimmt,

$$= \frac{G}{n_t \frac{u}{60}} = \frac{60\,G}{u\,n_t}.$$

Diese Halme wirft der Trommelschlagstab **auf einmal** auf eine Korbleiste, daher ist $G_2 = \frac{60\,G}{u\,n_t}$,

oder da $\frac{\vartheta \pi u}{60} = v$, also $u = \frac{60\,v}{\vartheta \pi}$

und da $\vartheta \pi = n_t\, t$, daher $\frac{\vartheta \pi}{n_t} = t$ ist, so ist

$$G_2 = \frac{G \,.\, t}{v}$$

und das **Maximalgewicht**, welches auf einen Korbstab **mit einem** Mal geworfen **würde**, falls auf demselben die Halme überall so dicht fielen, wie an der dichtesten Stelle:

$$G_3 = \varphi\, G \frac{t}{v}$$

und endlich das Maximalgewicht der Halme, welche auf ein Mal auf die **Breiteneinheit** eines Schlagstabes geworfen werden:

$$G_5 = \varphi\, G \frac{t}{v \,.\, B} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Der Sicherheit halber nehmen wir an, daß die Gewalt, mit welcher die Halme auf eine Schlagleiste schlagen, so groß sein muß, daß, wenn eine Aehre wirklich auf den harten Schlagstab, und nicht etwa auf das weiche Kissen ihr vorangeflogener Halme trifft, **sämmtliche** Körner aus dieser Aehre sofort befreit werden.

Nun findet aber auf der **Quadrateinheit** eines Schlagstabes ein Gewicht Halme $= \gamma$ Platz, daher auf der **Breiteneinheit** einer Schlagleiste, bei einer Länge der Halme $= l_1$ das Gewicht

$$G_1 = l_1 \gamma.$$

Ferner muß die Maschine so construirt sein, daß **jeder** Halm direct auf den harten Schlagstab, und nicht etwa auf vorangeflogene Halme treffe, es muß deshalb stattfinden: $G_1 = G_5$; oder

$$\varphi\, G \frac{t}{v B} = l_1 \gamma. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Diese Bedingung ist in der Praxis nicht zu erfüllen. — Denn um ihr Genüge zu leisten, müßte man B so groß nehmen, daß die Halme auf die vom Mittelpunkt der Trommel entferntesten Flächenelemente mit einer Geschwindigkeit aufschlagen würden, welche durch den Luftwiderstand allzu-

sehr gemindert sein würde, als daß sie noch für hinreichend befunden werden könnte.

Man muß deshalb die Frage aufwerfen, ob sich diese eine Schlagleiste von der Breite $= B$ nicht durch mehre $(n_k)$ von der Breite $= b$ ersetzen läßt.

Die Wahrscheinlichkeit, daß von $x$ Halmen, von denen nur $y$ auf der $B$ breiten Fläche eines Schlagstabes Platz finden, ein Halm direct auf den Schlagstab fällt, ist

$$w = \frac{y}{x}.$$

Die Wahrscheinlichkeit hingegen, daß von diesen $x$ Halmen, von denen nur $y_n$ auf der $b$ breiten Fläche einer Leiste Platz haben, bei $n_k$ maliger Wiederholung des Werfens ein Halm ein oder mehrere Mal, also mindestens ein Mal direct aufschlage, ist

$$w_n = n_k \frac{y_n}{x}.$$

Sollen nun beide Wahrscheinlichkeiten gleich groß, soll also $w = w_n$ sein, so muß stattfinden:

$$y = n_k y_n \quad \text{oder} \quad n_k = \frac{y}{y_n}.$$

Nun verhält sich aber $\frac{y}{y_n} = \frac{B}{b}$; daher ist

$$n_k = \frac{B}{b}; \quad \text{oder} \quad B = n_k b. \quad . \quad . \quad (3)$$

Durch Substitution dieses Werthes von $B$ in Gleichung (2) können wir nur die Sicherheit unserer Rechnung vermehren, denn es leuchtet ein, daß die Wahrscheinlichkeit des vollkommenen Ausdrusches einer Aehre größer ist, wenn dieselbe einmal direct auf den Schlagstab und $(n_k - 1)$mal auf ein Kissen vorangeflogener Halme schlägt, als wenn sie überhaupt nur einmal, und dann allerdings direct auf den Schlagstab geworfen wird.

Durch Ausführung dieser Substitution erhalten wir

$$\varphi G \frac{t}{v} = l_1 \gamma n_k b$$

oder $l_1 \gamma$, d. i. das Gewicht der auf der Breiteneinheit Platz habenden Halme $= G_1$ gesetzt,

$$G = \frac{G_1}{\varphi} \cdot \frac{n_k v b}{t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Die zum Dreschen nöthige Arbeit ist, vergegenwärtigt man sich den oben erklärten „Vorgang beim Dreschen", ohne Weiteres

$$A = G \frac{v^2}{2g} n_k. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Wir kommen nunmehr zum kitzlichsten Punkt unserer Theorie, nämlich zur Formel für den Ausdrusch.

Mit strenger Wissenschaftlichkeit läßt sich dieselbe natürlich nicht entwickeln; man ist genöthigt, Annahmen zu machen, welche, um ihre Wahrscheinlichkeit desto augenscheinlicher zu machen, ich mich bemüht habe, möglichst in ihre Elemente zu zerlegen.

Die Trennung eines Kornes von der umgebenden Hülle erfordert eine ganz bestimmte Kraft, angewandt auf eine ganz bestimmte Weglänge.

Bei derselben Getreideart ist diese Weglänge augenscheinlich mit großer Wahrscheinlichkeit proportional dem Durchmesser des Getreidekornes.

Die Kraft, welche anzuwenden ist, ist mit derselben Wahrscheinlichkeit proportional der Oberfläche desselben, proportional also ungefähr dem Quadrat des Durchmessers.

Die zum Ausdreschen eines Kornes nöthige Arbeit ist demnach proportional dem Cubus des Durchmessers, proportional also dem **Gewichte des Kornes**.

Nun geschieht die Trennung der Körner von den Aehren, wie wir gesehen haben, ganz allein dadurch, daß beide vereinigten Theile gegen eine Fläche geworfen werden, also durch den Stoß. Durch diesen werden Stroh wie Körner von den Schlagflächen wieder zurückgeworfen — aber mit verschiedener Geschwindigkeit. Dieser Unterschied in den Geschwindigkeiten, mit welchen Stroh und Körner von der getroffenen Fläche zurückgeworfen werden, ist es, welcher den Ausdrusch bewirkt, und es ist leicht zu ermessen, daß die hierbei auf den Ausdrusch verwandte Arbeit eines Kornes proportional sein muß: der dem Korn vor dem Stoß innewohnenden lebendigen Kraft, also proportional dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit der Trommel, und proportional seinem Gewichte.

Bezeichnen nun $\psi_1$, $\psi_2$ und $\psi_3$ vorläufig unbekannte Functionen unbekannter Variabeln, ist ferner $g$ das Gewicht eines Kornes, $\mathfrak{N}$ die Anzahl sämmtlicher Körner einer Garbe, $n_1$ die Anzahl Körner der Garbe, welche auf den Korbleisten, $n_2$ diejenige, welche auf den Trommelleisten ausgedroschen werden, dann ist die in sämmtlichen Körnern zum Dreschen disponible Arbeit

$$A_1 = \psi_1 \mathfrak{N} g v^2$$

und die zum Ausdrusch von $n_1$ Körnern nöthige Arbeit

$$A_2 = \psi_2 n_1 g.$$

Nun ist freilich nicht wahr, daß die in sämmtlichen Körnern zum Dreschen disponible Arbeit zum Ausdrusch nur einiger verwandt wird. — Wenn wir daher dennoch diese Annahme machen, so können wir dies nur dadurch entschuldigen, daß wir nachweisen, wie diese Annahme im Resultat keinen großen Fehler erzeugen kann.

Da wir nämlich stets nur Dreschmaschinen im Auge haben, welche mehrere Korbleisten besitzen, so läuft es in der That auf Eins heraus, ob wir mit der Summe der in einer gewissen Körnermenge vor jedem neuen Schlage dis-

poniblen Arbeiten den sofortigen und totalen Ausdrusch nur einiger Körner, oder aber ob wir uns mit den Elementen dieser Summe den successiven Ausdrusch aller einzelnen Körner bewerkstelligt denken.

Ohne daher zu befürchten, daß wir einen groben Fehler begehen, setzen wir $A_1 = A_2$, und damit

$$\psi_1 \mathfrak{N} v^2 = \psi_2 n_1$$

oder

$$\frac{n_1}{\mathfrak{N}} = \mathfrak{A}_1 = \frac{\psi_1}{\psi_2} v^2 = \psi_3 v^2 .$$

Durch ganz dieselbe Schlußfolge erhalten wir den auf den Trommelleisten bewerkstelligten Ausdrusch

$$\frac{n_2}{\mathfrak{N}} = \mathfrak{A}_2 = \psi_4 v^2$$

und folglich

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2 = \frac{n_1 + n_2}{\mathfrak{N}} = \psi_5 v^2 .$$

Es kommt nun darauf an, die Function $\psi_5$ zu bestimmen.

Außer der Umfangsgeschwindigkeit v der Trommel hat nach dem Vorangegangenen (da wir zu Gunsten der Sicherheit des Ausdrusches auf die Berücksichtigung des Aufschlagens eines Halmes auf ein Kissen vorangeflogener Halme durch Einführung der Gleichung $B = n_k b$ verzichtet haben), — außer der Umfangsgeschwindigkeit also hat auf den Ausdrusch nur noch Einfluß das Gewicht der Halme, welche auf einmal auf die Breiteneinheit einer Schlagleiste, möge sie dem Korbe oder der Trommel angehören, schlagen.

Das Gewicht der Halme, welche auf einmal auf die Breiteneinheit einer Korbleiste schlagen, ist $G_5$, — das Gewicht der Halme aber, welche auf einmal gegen die Breiteneinheit einer Trommelleiste treffen, ist, wie sich leicht nachweisen läßt, proportional $G_5$, — folglich ist $G_5$ einzige Variable der Function $\psi_5$.

Nun ist, wie sich aus Obigem ebenfalls leicht schließen läßt, die Wahrscheinlichkeit, daß von x Körnern ein Korn, also auch die Wahrscheinlichkeit, daß von $\mathfrak{N}$ Körnern deren n ausgedroschen werden, direct umgekehrt proportional $G_5$. — Wir können daher, wenn wir unter den verschiedenen C unbekannte Constanten begreifen, setzen

$$\psi_5 = \frac{C_1}{G_5} = \frac{C_1}{\varphi G \frac{t}{v n_k b}} = C_2 \frac{v n_k b}{G t} ,$$

also

$$\mathfrak{A} = C_2 \frac{b n_k v^3}{G t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Nun folgt aus (5) und (6)

$$\zeta_1 = \frac{\mathfrak{A}}{A} = C_3 \frac{v b}{G^2 t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Die Gleichung (5) aber läßt sich auch so schreiben:

$$\frac{G}{A} = \frac{2g}{n_k v^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Und Gleichung (7) sich in folgende Form bringen:

$$\zeta = \frac{\delta G \mathfrak{A}}{A} = \delta C_3 \frac{v b}{G t} = C_4 \frac{v b}{G t} \quad . \quad . \quad (9)$$

Die Interpretation der gewonnenen Formeln ergiebt nun Folgendes:

Zuerst könnte es scheinen, als ob in Gleichung (8) durch $\frac{G}{A}$ das quantitative Güteverhältniß dargestellt würde. — Dem ist aber nicht so; denn $\frac{G}{A}$ ist weiter Nichts, als das in der Secunde mit der Arbeitseinheit nur verarbeitete, nicht ausgedroschene Halmquantum, — da die Bedingung des Ausdreschens in (8) nicht enthalten ist.

Das wahre quantitative Güteverhältniß wird vielmehr in Gleichung (9) durch $\frac{\delta G \mathfrak{A}}{A}$ repräsentirt, — denn dieser Ausdruck stellt das Gewicht der in einer Secunde mit der Arbeitseinheit **ausgedroschenen Körner** dar.

Nun ist aber Gleichung (9) identisch mit Gleich. (7); das quantitative Güteverhältniß also identisch dem qualitativen, folglich ist in Gleichung (9) die Größe $\zeta$ nichts Anderes, als das **absolute Güteverhältniß** der Maschine.

Um daher die vortheilhafteste Größe der Maschinenelemente und ihrer Geschwindigkeiten zu bestimmen, haben wir uns allein an Gleichung (9) zu halten. Diese Gleichung aber sagt aus, daß es vortheilhaft ist, v, d. i. die Umfangsgeschwindigkeit der Trommel **groß** anzunehmen. Gewöhnlich wird dieselbe zwischen 60′ bis 90′ Rheinisch genommen. Weit über die letztgenannte Grenze hinaus wird man nicht so leicht gehen, weil sonst die, die Festigkeit der Trommel gefährdende, Centrifugalkraft anfängt, lästig zu werden. Bis zu dieser Grenze aber darf man mit Sicherheit vorgehen, und ich bin überzeugt, daß man allgemein dahin gelangen wird. Ferner muß b, d. i. die Breite der Korbschlagstäbe **groß** sein. Auch b hat seine Grenze, welche nicht überschritten werden darf, und leider wird diese eher erreicht, als die Grenze von v. — Es ist nämlich nicht allein der schon oben erwähnte Luftwiderstand, welcher die Geschwindigkeit der Halme, falls sie einen weiten Weg zu durchfliegen hätten, zu sehr mindern würde, als daß sie durch den Stoß noch rein ausgedroschen werden könnten, es ist vielmehr auch der Umstand, daß bei einer übermäßig großen Breite der Korbschlagstäbe der Natur der Dinge nach sämmtliche Halme auf nur einen Theil der Leisten, und zwar den ungünstigsten, nämlich den

von der Trommelaxe entferntesten, geworfen werden würden, welcher eine Breite der Korbschlagstäbe über eine gewisse Grenze hinaus verbietet. — Die Bestimmung dieser Grenze kann nur Sache der Praxis sein, ist aber bis jetzt meines Wissens nicht ausprobirt. — Meinem persönlichen Dafürhalten und Gefühle nach wird man die Breite der Korbschlagstäbe von der jetzt gebräuchlichen ($\frac{1}{2}''$ bis $1''$), auf $2''$ vergrößern, kaum aber viel über dieses Maaß hinausgehen können. — Jedenfalls sollte dieselbe nie unter $1''$ bis $1\frac{1}{2}''$ betragen.

Drittens ist vortheilhaft zu nehmen:

t, d. i. die Trommeltheilung, oder die Entfernung der Trommelschlagleisten von einander, **klein**.

In diesem Punkte wird am meisten gefehlt. Oft findet man Dreschmaschinen, deren Trommeln nur 8, wohl gar nur 4 Schlagleisten tragen, während 16 bis 20 darauf Platz hätten.

Da nun keine Bedingung so leicht zu erfüllen ist, als die, möglichst viel Schlagleisten auf die Trommel zu heften, da die Erfüllung dieser Bedingung selbst nicht den scheinbaren Nachtheil hat: bei einer gegebenen Maschine angewandt, einen größeren absoluten Arbeitsaufwand nöthig zu machen, vielmehr den Vortheil größerer Schwungmassen, also z. B. den größerer Regelmäßigkeit der Arbeit mit sich bringt, so empfehlen wir: unter allen Umständen die Schlagleisten auf der Trommel so dicht als möglich zu setzen.

Endlich ist nach unserer Gleichung vortheilhaft zu nehmen:

G, d. i. das pro Secunde zu dreschende Halmquantum, **klein**.

Diese an und für sich verständliche und nicht auffallende Forderung darf nicht so gedeutet werden, als ob es unter allen Umständen zweckmäßig wäre, das einzulegende Halmquantum mehr und mehr zu verringern. — Der vortheilhafteste Werth von G bei einer gegebenen Maschine ist vielmehr derjenige, welchen die Maschine gerade noch rein auszudreschen im Stande ist; denn unter diesen Umständen wird A zu einem Maximum ($=1$); und $\zeta = \frac{2 g \delta}{n_4 v^2}$, — ein Werth, welcher G nicht mehr enthält, und deshalb durch die Aenderung, resp. Minderung von G nicht mehr vergrößert werden kann.

Bedenkt man dagegen, daß die nicht unmittelbar zum Dreschen verwandten Arbeiten, wie z. B. die Reibungsarbeiten theilweise selbst bei einer Minderung von G dieselben bleiben, so wird man begreifen, daß eine fernere Verkleinerung von G nur schädlich sein kann, — das Opfer an Zeit und Arbeitslohn gar nicht gerechnet.

Schließlich fordert unsere Gleichung auch einen möglichst großen Werth von $C_4$.

Der Werth von $C_4 = 2 g \delta \frac{C_1}{\alpha . \beta}$ besteht zum Theil allerdings aus absolut constanten Größen ($2 g \delta C_1$), zum Theil aus einer solchen ($\beta$), welche zwar variabel, und im Allgemeinen von der Gestalt der Schlagstäbe abhängig ist, deren Function zu bestimmen aber unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen zu stehen scheinen, — und schließlich aus einer Größe ($\alpha$), welche wir den „Unregelmäßigkeits-Coefficienten des Einlegers" genannt haben.

Dieses $\alpha$ soll nach unserer Gleichung möglichst klein, womöglich also $=1$ werden, d. h. das Einlegen soll so regelmäßig als möglich geschehen.

Da nun das Speisen von Hand niemals mit großer Regelmäßigkeit wird ausgeführt werden können, so weist unsere Gleichung auf die Nothwendigkeit einer guten Speisevorrichtung hin.

Schreiben wir $C_4 = \frac{C_5}{\alpha}$, dann gewinnt Gleich. (9) folgende Gestalt:

$$\zeta = \frac{v b}{t} \frac{C_5}{\alpha . G},$$

d. h. eine vollkommene Speisevorrichtung (welche also $\alpha = 1$ macht) würde das $\alpha$fache Gewicht Halme zu dreschen möglich machen, ohne das Güteverhältniß der Maschine herabzuziehen.

Nimmt man $\alpha$ auch nur klein, z. B. $=5$ an, so würde man also bei Anwendung einer vollkommenen Speisevorrichtung das 5fache Quantum mit derselben Maschine mit Vortheil zu dreschen im Stande sein.

Leider existirt eine solche Speisevorrichtung heute noch nicht.

Man hat zwar schon in der Kindheit der Dreschmaschinen Speisewalzen angewandt, dieselben aber späterhin allgemein wieder verlassen.

Ich war deshalb nicht wenig erstaunt, auf der Hamburger Ausstellung wieder so viel Maschinen, und zwar theilweise berühmter Firmen, mit Speisewalzen anzutreffen; bin aber trotzdem der Meinung, daß dieselben von Neuem werden wieder verlassen werden, sobald man nur irgend ein Aequivalent für dieselben aufgefunden haben wird.

Das Princip der Speisewalzen, auf Halme angewandt, welche Körner enthalten, ist ein durchaus verfehltes, — denn es leuchtet sogleich ein, daß man dieselben, damit sie die Körner nicht zerquetschen, entweder nachgiebig machen, oder sehr weit von einander stellen muß. — In beiden Fällen aber verschlingen sie, gerade wie die Dreschtrommel auch, alles Dargebotene auf ein Mal, erfüllen daher ihren Zweck als Speiseregulatoren nicht im Mindesten, und sind höchstens dazu gut: des Einlegers Gesicht vor der Gewalt

der zurückspringenden Getreidekörner zu schützen, — ein Zweck aber, der sich einfacher und billiger durch eine richtige Stellung der den Rumpf bildenden Bretter erreichen läßt.

Vorläufig wird daher der Wunsch nach einer guten Speisevorrichtung, wie so mancher andere auch, wohl ein unerfüllter bleiben.

Es könnte befremden, daß in Gleichung (9) die Anzahl der Korbschlagleisten ($n_k$) gar nicht vorkommt, und demnach scheinen, als wäre das Güteverhältniß der Maschine von der Anzahl dieser Schlagleisten ganz unabhängig, die Anzahl selbst also ganz gleichgiltig, — dem ist nicht so.

Die Gleichung (9) nämlich ist unter der nicht ganz richtigen Voraussetzung: $B = n_k b$ entwickelt, welche Voraussetzung (um es zu wiederholen) aussagt, daß der Stoß, welchen ein Halm erleidet, indem er auf ein Kissen vorangeflogener Halme schlägt, zum Ausdrusch nicht beiträgt.

Würden wir diese Voraussetzung nicht gemacht haben, und würde uns möglich gewesen sein: einen genauen Werth der Function $B = f(n_k, b)$ zu bestimmen, so würde, wie sich leicht verfolgen läßt, in Gleichung (9) $n_k$ allerdings, und zwar im Zähler erscheinen, freilich mit einer Potenz $< 1$.

Der eigentliche Werth von $\zeta$ ist demnach:

$$\zeta = C_4 \frac{v b n_k^{\frac{1}{a}}}{G t} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

wenn a eine ganze, vermuthlich ziemlich große Zahl bedeutet.

b und $n_k$ sind aber, wie oben gezeigt, zwei von einander abhängige Variabeln, so daß $b = f_1(n_k)$ und $n_k = f_2(b)$ stattfindet, zwar so, daß b groß wird, wenn $n_k$ klein ist, und umgekehrt.

Da nun, wie Gleichung (10) zeigt, $\zeta$ rascher mit b wächst als mit $n_k$, so folgt, daß es vortheilhaft ist, $n_k$, also die Anzahl der Korbleisten auf das (praktisch zu erprobende) Minimum zu reduciren. In Summa erkennen wir also:

Da aus anderweiten Gründen es nicht in unserem Interesse liegt, G klein zu nehmen, und da das Wachsthum von b durch Umstände sehr bald gehemmt wird, welche der Rechnung nur mit Mühe zu unterwerfen sind, so haben wir, um das Güteverhältniß der Maschine groß werden zu lassen, hauptsächlich die Trommeltheilung, t, **klein**, und die Umfangsgeschwindigkeit v der Trommel **groß** zu machen.

Der überwiegende Einfluß, welchen, wie ich oben behauptete, die Umfangsgeschwindigkeit v auf den Ausdrusch ausübt, wird durch Formel (6) für denselben vollkommen bestätigt, da in dieser Formel v in der dritten Potenz auftritt, während alle andern Größen nur in der ersten vorkommen.

Diese Formel belehrt uns also, daß eine unvollkommen dreschende Maschine am einfachsten und sichersten durch Vergrößerung von v zu einer reinausdreschenden zu machen ist.

Der Hauptvorwurf, den man einer großen Umfangsgeschwindigkeit gewöhnlich macht, besteht darin, daß dieselbe eine große Umsetzung, eine große Umdrehungszahl aller Wellen (wenn man den Durchmesser der Trommel nicht über das gebräuchliche und praktisch bewährte Maaß $\vartheta = 0{,}5$ Metern $= 19''$ bis $20''$ Rheinisch hinaus vergrößern will), also einen durch die Reibung verursachten großen Arbeitsconsum bewirkt, ein Consum, der um so empfindlicher ist, wenn, wie noch am meisten gebräuchlich, die Arbeit aus lebenden Motoren geschöpft wird.

Um diesem Vorwurf zu begegnen, stattet unser Werk jetzt einen Theil ihrer Maschinen nur mit Frictionslagern aus. — Dieselben bestehen im Wesentlichen aus drei Rollen von glashartem Coquillenguß, zwischen denen sich die Wellhälse drehen.

Daß diese Lager den absoluten Arbeitsconsum auf ein Minimum herabdrücken, brauche ich nicht erst zu beweisen, dagegen will ich anführen, daß ich, um die Solidität dieser Anordnung auf die Probe zu stellen, wiederholt eine so große Quantität Stroh in den Rumpf schütten ließ, daß die Maschine momentan aus der größtmöglichen Geschwindigkeit zum Stillstand gelangte.

Bei diesen gewaltigen Stößen bewährte sich die neue Anordnung vollkommen, und kann ich demnach, wenigstens für Göpeldreschmaschinen, die Frictionslager nur unbedingt empfehlen.

Die Länge l der Trommel (gemessen in der Arenrichtung) richtet sich nach der Länge des zu dreschenden Getreides, und soll größer sein als die noch in größerer Anzahl vorkommenden größten Halme, keineswegs aber größer als die ausnahmsweise langen Halme; — denn, wenn auch Conservirung des Strohes unbedingt von einer guten Dreschmaschine gefordert werden muß, so liegt doch absolut nichts daran, ob einzelne Halme geknickt werden oder nicht. — Es ist deshalb für unsere Gegenden höchst unvernünftig, der Dreschtrommel eine sehr große Länge von beispielsweise 7' zu geben, wie solche mir wohl vorgekommen ist. — Man wird vielmehr in den meisten Fällen mit einer Länge von 5' bis 5' 6'' Rheinisch, oder 1,5 bis 1,7 Met. vollständig ausreichen. — Ja, einige Fabrikanten begnügen sich mit der allerdings sehr knapp bemessenen Länge von 4'.

Man hat allerdings Dreschmaschinen, deren Länge noch beträchtlich kleiner ist, welche man „Langdreschmaschinen" genannt hat, im Gegensatz zu den oben besprochenen „Breitdreschmaschinen."

Diese sehr kurzen Maschinen haben ihren Namen, welcher auf den ersten Anblick sehr unpassend gewählt er-

scheint, von dem Umstande, daß die Bewegung der Halme in ihnen der Länge nach, d. h. in der Axenrichtung der Halme, und nicht wie bei den oben besprochenen, der Breite nach, d. h. parallel zu sich selbst erfolgt.

Auf diese Maschinen wird man obige Formeln nicht ohne Weiteres anwenden dürfen, da sie auf einem theilweise anderen Principe beruhen. — So z. B. consumiren die Langdreschmaschinen eine nicht unbeträchtliche Arbeitsgröße zu keinem andern Zweck, als das Stroh recht gründlich zu ruiniren.

Es ist dieser Umstand Veranlassung, daß die Langdreschmaschine, welche als die ältere zur Zeit der Einführung der Breitdreschmaschine schon bedeutenden Boden gewonnen hatte, immer seltener und seltener, und sich bald gänzlich in solche Gegenden zurückziehen wird, in denen (wie z. B. in den Territorien Amerika's) auf die Erhaltung des Strohes Nichts, auf den Preis der Maschine aber Alles ankommt.

---

# Versuche über die beste Construction der Locomotivenschornsteine,

unter Leitung des Herrn J. Petiet angestellt

von

## A. Nozo und C. Geoffroy.

(Hierzu Tafel 16.)

---

1. Plan der Versuche. — Die nachstehend zu beschreibenden Versuche hatten den Zweck, diejenigen Verhältnisse und Bedingungen in der Construction des Ausblasapparates und der Locomotivschornsteine aufzusuchen, durch welche der kräftigste Zug und der geringste Gegendruck in den Cylindern verursacht wird. Da directe Versuche an einer Maschine sehr große Schwierigkeiten verursacht haben würden, so ist man hierdurch zur Anstellung von Versuchen an Apparaten in verkleinertem Maaßstabe veranlaßt worden, zumal da diese Apparate leichter und vielseitiger abgeändert werden konnten.

Bei einer Locomotive hängt der durch das Blasrohr verursachte Zug von folgenden Elementen ab:

1. vom Widerstande des Rostes, der Rauchröhren und der Schornsteineinmündung,
2. von der durch das Blasrohr ausgestoßenen Dampfmenge,
3. von der die Geschwindigkeit des ausgestoßenen Dampfes bedingenden Pressung, oder dem Gegendrucke in den Cylindern,
4. von der Höhe oder besser der Länge des Schornsteins,
5. von dem Abstande der Oeffnung des Blasrohres von der Einmündung des Schornsteins,
6. von dem Querschnittsverhältniß zwischen den Durchgangsöffnungen des Rauches beim Austritt und denjenigen des Schornsteins.

Auf alle diese Umstände mußten die experimentellen Erörterungen Rücksicht nehmen.

Obschon möglicherweise auch die stoßweise Ausströmungsart des Dampfes von einigem Einflusse auf den Zug ist, so wurde doch vorausgesetzt, daß wegen der raschen Aufeinanderfolge der Stöße ein nahezu continuirlicher Dampfaustritt stattfinde und der Druck im Ausblaserohre ein annähernd gleichförmiger sei, daß also bei den Versuchen an Stelle des stoßweisen Austrittes ein continuirlicher Dampfstrahl gesetzt werden dürfe.

2. Versuchsapparat. — Der benutzte Versuchsapparat bestand aus einem Kasten A (Fig. 1 auf Taf. 16) von 320 Liter Inhalt, welcher vertical neben einem Locomotivenkessel B aufgestellt und mit der Rauchkiste B des Letzteren durch ein 1 Met. langes, 0,25 Met. weites, der Geschwindigkeitsmessung wegen ein Anemometer D umschließendes Rohr C verbunden war. Das Anemometer befand sich ziemlich in gleichem Abstande von den Enden des Rohres C, also an einer Stelle, wo man eine reguläre Strömung voraussetzen konnte, und ein Glasfenster E gestattete das Ablesen der Umdrehungen dieses Instrumentes.

Zwischen den Kasten A und das Rohr C wurden Blechtafeln F mit gleichgroßen und gleichmäßig vertheilten, aber verschieden vielen Löchern eingesetzt, um den Durchgangsquerschnitt für die angesogenen Gase variiren zu können.

Am Deckel des Kastens befindet sich ein Flanschenrohransatz, auf welchen Schornsteine von verschiedenen Querschnitten aufgesetzt wurden. Dieselben waren aus übereinander schiebbaren Rohrstücken zusammengesetzt, sodaß ihre Höhe leicht verändert werden konnte. Der Boden des Kastens enthält das Austrittsrohr G, welches mit mäßiger Reibung in dem Muff K gleitet, sodaß der Abstand des Blasrohres vom Schornstein beliebig verstellt werden konnte. Am obern Ende dieses Rohres G wurden conische Mundstücken von verschiedenem Querschnitt befestigt.

Das Rohr G steht mit einem Behälter M von 320 Liter Inhalt in Verbindung, welchen wir das Ausblasreservoir nennen wollen, und in welchem während jeder Beobachtung ein constanter Druck unterhalten wurde, indem man entweder einen Schieber am Dampfrohre O, welches den Dampf aus dem Regulator R der Locomotive zuführt, oder den Auslaßhahn P entsprechend stellte.

Zum Beobachten der Spannung im Reservoir M dient das Manometer S, zum Messen der Depression in dem Kasten A das Manometer S'. Die Temperatur der angesogenen Gase wird an dem in das Saugrohr kurz vor dem Anemometer eingeschalteten Thermometer T abgelesen.*)

Der Schornstein des als Generator benutzten Locomotivkessels war über das Dach der Werkstatt hinaus verlängert und 6,5 Met. hoch, sodaß sein natürlicher Zug zur Erzeugung der erforderlichen Dampfmenge ausreichte. Auf die durchschnittlich 2 bis 3 Millimeter Wassersäule betragende Depression in der Rauchkiste des Generators wurde nicht Rücksicht genommen.

Aus dieser Beschreibung erhellt, daß man mittelst des aufgestellten Apparates zusammen oder einzeln den Querschnitt des Durchganges für die Luft, die Höhe des Schornsteins, den Querschnitt der Blasrohröffnung und ihren Abstand vom Schornstein, endlich den Druck im Ausblasreservoir nach Belieben variiren lassen kann. Die Grenzen, innerhalb welcher dies geschehen ist, waren folgende:

| | | |
|---|---|---|
| Querschnitt der Einfangöffnung (durchlochte Platten) | max. | 320 Löcher à 9 Millimeter. |
| | min. | 20 „ „ |
| Durchmesser des Blasrohres . . . . . . . . . | max. | 56 Mill. |
| | min. | 10 „ |
| Durchmesser des Schornsteins . . . . . . . . | max. | 202 Mill. |
| | min. | 35 „ |
| Spannung des Dampfes in Mill. Quecksilbersäule . | max. | 600 Mill. |
| | min. | 50 „ |

3. Einfluß der Höhe oder Länge des Schornsteins auf den Zug. — Um den Einfluß der Höhe oder richtiger Länge des Schornsteins auf den Zug zu untersuchen, wurde bei verschiedenen Spannungen des Dampfes im Ausblasreservoir, sowie bei verschiedenen Durchgangsquerschnitten für den Rauch, das Blasrohr und den Schornstein experimentirt. Bei jeder Anordnung ließ man die Höhe variiren und notirte die angesogene Luftmenge und die entsprechende Depression in der Rauchbüchse. Die Resultate wurden in Curven, nach Art von Fig. 2, worin die Abscissen die Höhen des Schornsteins, die Ordinaten aber die Depressionen geben, graphisch verzeichnet.

Die Betrachtung dieser Curven hat gezeigt, daß diejenige Höhe des Schornsteins, welche die stärkste Depression erzeugt, oder mit andern Worten den stärksten Zug giebt, weder vom Querschnitt F der Durchgangsöffnungen der Gase und des Blasrohrs, noch von der Spannung des Dampfes abhängig ist, sondern blos vom Durchmesser, und daß sie 6 bis 8 mal so groß sein muß als Letzterer. Eine größere Länge hat nur einen geringen Einfluß, sowohl positiv als negativ.

Ohne alle Versuche anführen zu wollen, theilen wir beispielsweise in Fig. 2 nur die Resultate mit, welche bei einem Durchgangsquerschnitt von 160 Löchern à 9 Millimeter Weite, einem Blasrohrquerschnitt von 40 Mill. Durchmesser, Dampfspannungen von 50, 200 und 300 Mill.

*) Das Anemometer ist von der Combes'schen Construction; es besteht aus vier windmühlenartig, auf eine Welle aufgesetzten Flügeln und einem Zählapparate, der beliebig aus- und eingerückt werden kann. Aus der beobachteten Umdrehungszahl ergiebt sich die Geschwindigkeit durch die Formel $V = 0{,}156 + 0{,}265\,n$, wobei vorausgesetzt wird, daß die Temperatur der Luft 0° betrage. Bei den gewöhnlichen höheren Temperaturen muß der Coefficient 0,156 noch mit $\frac{1}{\sqrt{d}}$ multiplicirt werden, wo d die Dichtigkeit der Luft bei der gegebenen Temperatur und 1 Atmosphäre Pressung bedeutet.

In vielen Fällen ist n groß genug, um annehmen zu können, daß V der Umdrehungszahl n proportional sei und daß also auch das durchgehende Luftquantum bei gleichem Querschnitte der Größe n proportional wachse.

Bis jetzt war das Anemometer nur sehr selten zum Messen der Geschwindigkeit von Gasen bei einer so hohen Temperatur als der unsrigen (bis zu 180°) benutzt worden; doch gaben einige Vorversuche das Resultat, daß die angeführte Formel für diese Temperatur noch anwendbar sei.

Das Gewicht der Ausflußmenge wurde nach der Formel

$$Q = 0{,}9\,S\gamma\sqrt{2g\,\frac{P}{\gamma}}$$

berechnet, in welcher P den Druck pro Quadratmeter, $\gamma$ das Gewicht des Cubikmeters Dampf und S den Querschnitt der Austrittsöffnung bedeutet. Hierbei wurde die Voraussetzung gemacht, daß der Dampf

Quecksilbersäule und einem Schornsteindurchmesser von 14,8 Cent. für Längen, welche bei jeder Spannung von 0,2 bis 2,5 Meter variirten, erhalten wurden. Es ergiebt sich offenbar aus dieser Figur, daß das Maximum des Zuges eingetreten ist, wenn die Länge des Schornsteins ungefähr das Siebenfache des Durchmessers betrug.

4. Einfluß eines conischen Anlaufes. — Bei den Versuchen, welche angestellt wurden, um den Einfluß kennen zu lernen, welche der conische Anlauf, den man den Schornsteinen am unteren Ende zu geben pflegt, ausübt, stellte sich heraus, daß durch diese Constructionen kein merklicher Unterschied in der angesogenen Luftmenge, gegen die Schornsteine ohne derartigen Anlauf, ausgeübt werde.

5. Einfluß des Abstandes der Blasrohrausmündung vom Schornstein. — Versuche, welche bei verschiedenen Zusammenstellungen von Schornsteinweiten, Durchgangs- und Blasrohrquerschnitten über die den verschiedenen Abständen der Blasrohröffnung vom Schornstein entsprechenden angesogenen Luftmengen abgeführt wurden, zeigten, daß bei einem 8mal so hohen als weiten Schornsteine der fragliche Abstand sich nicht sehr fühlbar machte, so lange derselbe nicht ein gewisses Maaß überschritt, daß aber darüber hinaus die Luftmenge sehr rasch abnahm.

Derjenige Abstand, für welchen die angesogene Luftmenge ziemlich constant bleibt, scheint von der Dampfspannung unabhängig zu sein; bei demselben Blasrohrquerschnitt steigt er mit der Höhe des Schornsteins, z. B. bei den Versuchen, welche mit 10 bis 40 Mill. weiten Blasrohröffnungen angestellt wurden, fiel der Abstand, bei welchem die angesogene Luftmenge constant blieb, innerhalb folgender Grenzen:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| zwischen | 0,5 | und | 0,65 | Met. | bei | 0,2 | Met. Schornsteinhöhe. |
| „ | 0,3 | „ | 0,4 | „ | „ | 0,143 | „ „ |
| „ | 0,11 | „ | 0,15 | „ | „ | 0,101 | „ „ |
| „ | 0,07 | „ | 0,08 | „ | „ | 0,071 | „ „ |
| „ | 0,05 | „ | 0,07 | „ | „ | 0,050 | „ „ |
| „ | 0,02 | „ | 0,07 | „ | „ | 0,035 | „ „ |

in ein Medium von atmosphärischer Spannung ausströme, was nicht ganz richtig ist, und daß die Dichtigkeit des Rauches gleich derjenigen der atmosphärischen Luft sei.

Es ist noch zu bemerken, daß die Manometer trotz der Vorsicht, mit welcher die Röhren normal gegen den Strom der Gase gerichtet wurden, vielleicht den Druck der bewegten Gase nicht ganz genau angegeben haben, sowie daß die Annahmen über die Spannung des Mittels, in welches der Dampf austrat, und über die Dichtigkeit der angesogenen Gase, etwas willkürlich erscheinen, aber diese Umstände sind für die gesuchten praktischen Resultate nicht von großem Belang, weil es sich weniger darum handelt, absolut genaue Resultate zu erhalten, als vielmehr den vergleichsweisen Einfluß der verschiedenen Elemente zu erproben.

Es wurde auch untersucht, welchen Einfluß das Hineinragen des Blasrohres in den Schornstein (unter Beibehaltung der 8fachen Länge) haben könne, und es ergab sich, daß die Verminderung nur gering war, so lange das Blasrohr nicht um mehr als den doppelten Durchmesser hineinragte, daß sie aber darüber hinaus sehr merklich wurde und dies auf die Verminderung der Schornsteinhöhe geschoben werden könne.

6. Einfluß des Hineinragens des Schornsteins in die Rauchkiste. — Wenn ein Schornstein von 6 bis 8mal soviel Länge als Weite in die Rauchkiste hineinragt, so ist dies, vorausgesetzt, daß die Blasrohröffnung in gleichem Abstande vom Schornstein bleibt, ohne Einfluß auf die angesogene Luftmenge, so lange das vorragende Schornsteinende nicht tiefer als bis zur obersten Reihe der Luftöffnungen eintaucht; dagegen vermindert sich der Zug sehr wesentlich, wenn der Schornstein noch tiefer hinuntergeht.

7. Vergleich zwischen gewöhnlichen und mehrfachen Schornsteinen. — Um zu sehen, ob die Versuchsergebnisse sich auf Locomotiven anwenden ließen, untersuchten wir zunächst, ob die Resultate unter sich vergleichbar blieben, wenn man die Elemente derselben in demselben Verhältniß variiren ließ. Es wurden zu dem Ende eine Reihe Querschnitte des Rauchdurchganges, des Blasrohres und des Schornsteines, wie bei existirenden Locomotiven im verkleinerten Maaßstabe angenommen, dann Mehrfache davon untersucht und die erzeugten Depressionen und angesogenen Luftmengen beobachtet.

Diese Versuche zeigten, daß für jede Spannung im Ausblasreservoir die angesogenen Luftgewichte den Querschnitten proportional waren, und daß man ziemlich dieselben Depressionen in der Rauchkiste erhielt, so lange die Verhältnisse zwischen den Querschnitten dieselben blieben.

Hieraus durfte man wohl folgern, daß man nach Beseitigung der den Schornsteinlängen und den Abständen zwischen dem Blasrohr und Schornstein entsprechenden Einflüsse bei vergleichsweise derselben Durchgangsöffnung gleiche angesogene Luftgewichte und Depressionen finden werde, möge man blos einen Schornstein und ein Blasrohr, oder möge man mehrere Schornsteine (von zusammen gleichem Querschnitte) mit je einem besonderen Blasrohre verwenden.

Ein Versuch, bei welchem einerseits ein einziger Schornstein mit einem einzigen Blasrohr, andrerseits nach Art von Fig. 3 acht Schornsteine mit acht Blasrohren, welche zusammen dieselben Querschnitte gaben, benutzt wurden, erlaubte zu constatiren, daß diese Voraussetzungen wirklich zutreffen, wie dies die Ziffern der nachstehend mitgetheilten Tabelle A beweisen.

Tabelle A.

| | Spannung des Dampfes in Millim. Quecks. im Ausblasreservoir. | Depression in Mill. Wassers. in der Rauchkiste des Apparates. | Zahl der Anemometerumgänge in 2 Minuten. | Temperatur der angesogenen Luft in Centigraden. | Gewicht der angesogenen Luft in Grammen. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Einfacher Schornstein. Querschnitt der Luftöffnungen = 160 Löcher à 9 Mill. Durchmesser des Blasrohres = 40 Mill., desgl. des Schornsteins = 140 Mill., Höhe des Schornsteins = 1,12 Met. | 300 | 141 | 4362 | 166 | 384 |
| | 250 | 115 | 4056 | 160 | 359 |
| | 200 | 93 | 3605 | 160 | 327 |
| | 150 | 64 | 3155 | 158 | 287 |
| | 100 | 43 | 2459 | 156 | 217 |
| | 50 | 28 | 1616 | 152 | 150 |
| 2. Achtfacher Schornstein. Querschnitt der Luftöffnungen = 160 Löcher à 9 Mill. Durchmesser eines der 8 Blasrohre = 14 Mill., desgl. eines Schornsteins = 50,5 Mill. Höhe der acht Schornsteine 400 Mill. | 300 | 119 | 4178 | 177 | 368 |
| | 250 | 96 | 3724 | 174 | 329 |
| | 200 | 75 | 3335 | 173 | 295 |
| | 150 | 57 | 2778 | 170 | 249 |
| | 100 | 40 | 2327 | 160 | 209 |
| | 50 | 20 | 1675 | 157 | 153. |

Uebrigens sieht man, daß der mehrfache Schornstein etwas weniger Luft angesogen hat, als der einfache, und diese Differenz wäre muthmaaßlich bei noch mehr gekuppelten Schornsteinen noch größer ausgefallen.

Zu bemerken ist noch, daß zur Erzeugung des größten Zuges die acht Schornsteine nur eine Höhe gleich 6 bis 8 mal ihrer Weite zu erhalten brauchten.

8. Einfluß des Schornsteinquerschnittes auf den Zug. — Experimentirt man bei gleichem Luftdurchgangsquerschnitte, gleicher Blasrohrweite und gleichem Drucke im Ausblasreservoir mit Schornsteinen von verschiedenem Querschnitt und ungefähr 8fachen Höhen, so findet man, daß die angesogenen Luftmengen und die entsprechenden Depressionen in der Rauchkiste durch ein Maximum hindurchgehen, daß es also einen gewissen Schornsteinquerschnitt giebt, bei welchem der größte Zug stattfindet.

Wir theilen in nebenstehender Tabelle B und in Fig. 4, welche die graphische Darstellung dieser Tabelle ist, die Resultate mit, welche bei einem Durchgangsquerschnitt von 160 Löchern à 9 Mill. Weite, einem Blasrohr von 14 Millim. Durchm. und einer Dampfspannung von 600 Mill. Quecksilber im Reservoir an 10 verschiedenen Schornsteinen gefunden worden sind.

Die beiden Curven A und B sind durch Auftragen der Schornsteinquerschnitte als Abscissen und der angesogenen Luftmengen, resp. der Depressionen in der Rauchkiste als Ordinaten entstanden. Man bemerkt an der Form der Curven leicht, daß bei derjenigen Combination von Durchgangsquerschnitt, Blasrohrweite und Dampfspannung, welche uns beschäftigt, der Schornstein von 0,13 Qu.-Met.

Tabelle B.

| Dimensionen der Versuchsschornsteine in Metern. | | | Eingesogene Luftmenge in Grammen pro Secunde. | Depression in der Rauchkiste in Millimetern Wassers. |
|---|---|---|---|---|
| Durchmesser. | Höhe. | Querschnitt. | | |
| 0,202 | 1,60 | 0,032 | 224,29 | 48 |
| 0,175 | 1,20 | 0,024 | 255,86 | 62 |
| 0,143 | 1,15 | 0,016 | 278,12 | 76 |
| 0,124 | 1,00 | 0,012 | 280,16 | 78 |
| 0,101 | 0,80 | 0,008 | 265,23 | 62 |
| 0,080 | 0,70 | 0,006 | 240,43 | 52 |
| 0,071 | 0,55 | 0,004 | 202,46 | 41 |
| 0,062 | 0,50 | 0,003 | 174,18 | 28 |
| 0,050 | 0,40 | 0,002 | 140,79 | 17 |
| 0,036 | 0,30 | 0,001 | 82,11 | 9 |

Querschnitt die größte angesogene Luftmenge und die größte Depression giebt. Es ist auch hervorzuheben, daß der Schornsteinquerschnitt in der Nähe dieses Maximums ziemlich stark variiren kann, ohne daß dies einen großen Einfluß auf die angesogene Luftmenge äußert.

Nachdem dies festgestellt war, fragte man sich, wie sich 1. der den größten Zug bewirkende Schornsteinquerschnitt, 2. die dadurch angesogene Luftmenge, 3. die Depression in der Rauchkiste und 4. das Verhältniß zwischen dem Gewichte der angesogenen Luft und demjenigen des verbrauchten Dampfes gestalten und verändern werde, wenn von den drei, den Zug bestimmenden Elementen: Querschnitt der Luftwege, Spannung des Dampfes im Reservoir oder Aus-

trittsgeschwindigkeit im Blasrohre, und Querschnitt der Blasrohrmündung, das Eine ohne Veränderung der beiden Andern abgeändert würde.

Um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurden diese drei Elemente in sehr verschiedener Weise combinirt und für jeden Fall derjenige Schornsteinquerschnitt bestimmt, bei welchem der größte Zug erzielt wurde. Bei der einen Versuchsreihe wurden nachstehende Elemente auf jede mögliche Weise combinirt, nämlich:

4 Blasrohre von 10, 14, 20 und 28 Mill. Durchmesser,

4 Durchgangsplatten mit 20, 40, 160 und 320 Löchern à 9 Mill. Weite,

3 Dampfspannungen von 50, 200 und 600 Mill. Quecksilbersäule.

Zu diesen verschiedenen Combinationen wurde derjenige Schornstein gesucht, welcher den größten Zug bewirkte, indem mit nachstehenden 10 verschiedenen Schornsteinen experimentirt wurde:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Durchmesser | 0,202 | Met., | Höhe | 1,600 | Met. |
| „ | 0,175 | „ | „ | 1,200 | „ |
| „ | 0,143 | „ | „ | 1,150 | „ |
| „ | 0,124 | „ | „ | 1,000 | „ |
| „ | 0,101 | „ | „ | 0,800 | „ |
| „ | 0,080 | „ | „ | 0,700 | „ |
| „ | 0,071 | „ | „ | 0,550 | „ |
| „ | 0,062 | „ | „ | 0,500 | „ |
| „ | 0,050 | „ | „ | 0,400 | „ |
| „ | 0,035 | „ | „ | 0,300 | „ |

Die nachstehenden 3 Tabellen C, D, E enthalten diejenigen Schornsteine, welche den stärksten Zug bewirkten, die angesogenen Luftmengen, die entsprechenden Depressionen in der Rauchkiste und das Verhältniß zwischen der angesogenen Luft und dem aufgewendeten Dampfgewicht (siehe Seite 281 bis 286.)

Diese Tabellen, welche dieselben Data, jedoch in verschiedener Anordnung enthalten, führen zu folgenden Resultaten.

Tabelle C. Wenn der Durchgangsquerschnitt und die Blasrohröffnung dieselben bleiben, und nur die Dampfspannung eine andere wird, so giebt stets dieselbe Größe des Schornsteinquerschnittes den der betreffenden Spannung entsprechenden größten Zug.

Die eingesogene Luftmenge und die Depression in der Rauchkiste wächst mit der Spannung im Ausblasreservoir, während das Verhältniß zwischen dem Gewicht der angesogenen Luft und demjenigen des verbrauchten Dampfes abnimmt.

Tabelle D. Wenn der Durchgangsquerschnitt und die Dampfspannung im Reservoir constant bleiben, die Blasrohröffnung aber variirt, so nimmt der Schornsteinquerschnitt, welcher dem stärksten Zuge entspricht, mit abnehmendem Blasrohrquerschnitt ab, aber in geringerem Maaße, sodaß Letzterer bis auf die Hälfte vermindert werden kann, ohne daß ein merklich verschiedener Schornsteinquerschnitt nöthig wird.

Die eingesogene Luftmenge, sowie die Depression in der Rauchkiste wächst mit der Blasrohröffnung, während das Verhältniß des angesogenen Luftgewichtes zum verbrauchten Dampfquantum abnimmt.

Tabelle E. Bleibt die Blasrohröffnung und die Dampfspannung im Ausblasreservoir constant, während die Größe des Durchgangsquerschnittes wächst, so nimmt die Größe des den stärksten Zug bewirkenden Schornsteinquerschnittes ungefähr in proportionalem Verhältnisse zu.

Die eingesogene Luftmenge wächst mit dem Querschnitt der Durchgangsöffnung und folglich auch das Verhältniß zwischen dem Gewicht der eingesogenen Luft und dem verbrauchten Dampf, wogegen die Depression in der Rauchkiste abnimmt.

Diese drei Folgerungen lassen sich auch so zusammenfassen:

Bei einer beliebigen Combination von Durchgangsquerschnitt, Ausblasquerschnitt und Dampfspannung giebt es einen bestimmten Schornsteinquerschnitt des Maximalzuges und dieser ist unabhängig von der Dampfspannung und dem Blasrohrquerschnitt, so lange der Letztere sich nur um das Doppelte ändert; der Schornsteinquerschnitt hängt namentlich von der Größe der Durchgangsöffnungen ab und ist diesen proportional.

Bei einer andern Versuchsreihe suchte man für einen bestimmten Durchgangsquerschnitt der Luft und einen bestimmten Dampfverbrauch aber verschiedene Blasrohrquerschnitte, und mithin verschiedene Spannungen im Ausblasreservoir experimentell die den stärksten Zug erzeugenden Schornsteinquerschnitte und die angesogenen Luftquantitäten zu ermitteln. Es wurden dabei fünf verschiedene Durchgangsquerschnitte und vier verschiedene Blasrohröffnungen probirt und für jede der Letzteren war die Spannung im Reservoir so berechnet, daß eine gleiche Dampfausflußmenge resultirte.

Die Elemente dieser Versuche waren die folgenden:

Constanter Dampfverbrauch = 25 Gramme.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Blasrohröffn. von | 0,010 | Met. Drchm. | mit | 0,380 | Met. Spann. | | |
| „ | „ | 0,014 | „ | „ | „ 0,180 | „ | „ |
| „ | „ | 0,020 | „ | „ | „ 0,050 | „ | „ |
| „ | „ | 0,028 | „ | „ | „ 0,015 | „ | „ |

Durchgangsquerschnitt von 80 Löchern von 15, 12, 6 und 3 Mill. Weite.

Für jeden Fall wurde wie früher der den stärksten Zug gebende Schornsteinquerschnitt durch Probiren unter verschiedenen Schornsteinen ermittelt. Die Resultate giebt Tabelle F.

## Tabelle C.

| Hindernisse beim Durchgange des Rauches. | | Blasrohr. | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bezeichnung. | Querschnitt. Quadr.-Cent. | Durchmesser. Cent. | Querschnitt. Quadr.-Cent. | Dampfspannung im Reservoir in Mill. Quecks. | Berechneter Dampfverbrauch in Grammen. | Schornsteinquerschnitt des stärksten Zuges. Quadr.-Met. | Entspr. Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasser. | Angezogene Luftmenge in Grammen pro Secunde. | Angezogene Luftmenge pro Secunde u. Qu.-Met. Durchgangsquerschnitt in Kilogr. | Verhältniß zwisch. d. Schornstein- u. Durchgangsquerschn. | Verhältniß zwischen dem Schornstein- u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen dem Durchgangs- u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen der angezogenen Luftmenge u. dem verbrauchten Dampfe. |
| Platte mit 20 Löchern von 9 Mill. Weite. | 12,72 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,64 | 0,0036 | 82 | 41,03 | 35,485 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,800 |
| | | | | 200 | 110,35 | 0,0036 | 337 | 91,12 | 72,524 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,825 |
| | | | | 400 | 170,40 | 0,0036 | 663 | 115,75 | 90,982 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,675 |
| | | | | 600 | 225,90 | 0,0036 | 786 | 125,00 | 94,458 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,555 |
| | „ | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0034 | 60 | 37,25 | 29,280 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,444 |
| | | | | 200 | 55,17 | 0,0034 | 253 | 71,02 | 55,982 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,016 |
| | | | | 600 | 112,95 | 0,0034 | 650 | 111,35 | 87,624 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 0,988 |
| | „ | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0025 | 32 | 27,62 | 21,621 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,150 |
| | | | | 200 | 27,08 | 0,0025 | 135 | 55,25 | 43,435 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,050 |
| | | | | 600 | 56,47 | 0,0025 | 384 | 92,42 | 72,732 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 1,640 |
| | „ | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0022 | 23 | „ „ | „ „ | 1,73 | 28,20 | 16,00 | „ „ |
| | | | | 200 | 13,54 | 0,0022 | 80 | 41,20 | 32,385 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 3,042 |
| | | | | 600 | 28,23 | 0,0022 | 206 | 67,19 | 52,983 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 2,376 |
| Platte mit 40 Löchern von 9 Mill. Weite. | 25,44 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,64 | 0,0055 | 65 | 70,04 | 27,521 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 1,360 |
| | | | | 200 | 110,35 | 0,0055 | 202 | 108,51 | 42,625 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,983 |
| | | | | 600 | 225,90 | 0,0055 | 682 | 162,75 | 63,995 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,740 |
| | „ | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0047 | 42 | 62,43 | 24,682 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,426 |
| | | | | 200 | 55,17 | 0,0047 | 174 | 111,52 | 43,621 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,030 |
| | | | | 600 | 112,95 | 0,0047 | 435 | 148,75 | 58,395 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 1,322 |
| | „ | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0045 | 26 | 46,14 | 18,154 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,755 |
| | | | | 200 | 27,08 | 0,0045 | 100 | 83,69 | 32,892 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,085 |
| | | | | 600 | 56,47 | 0,0045 | 256 | 128,82 | 50,629 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 2,295 |
| | „ | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0032 | 17 | 35,20 | 13,832 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 5,442 |
| | | | | 200 | 13,54 | 0,0032 | 48 | 65,35 | 25,682 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 4,825 |
| | | | | 600 | 28,23 | 0,0032 | 135 | 100,28 | 39,410 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 3,554 |
| Platte mit 160 Löchern von 9 Mill. Weite. | 101,78 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,64 | 0,0145 | 27 | 170,52 | 16,753 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 3,315 |
| | | | | 200 | 110,35 | 0,0145 | 84 | 295,04 | 29,000 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,675 |
| | | | | 600 | 225,90 | 0,0145 | 255 | 488,31 | 48,012 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,156 |
| | „ | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0135 | 18 | 148,60 | 14,632 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 5,721 |
| | | | | 200 | 55,17 | 0,0135 | 60 | 235,12 | 23,150 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 4,255 |
| | | | | 600 | 112,95 | 0,0135 | 153 | 387,74 | 38,195 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 3,445 |
| | „ | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0130 | 12 | 114,87 | 11,284 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 8,852 |
| | | | | 200 | 27,08 | 0,0130 | 32 | 184,60 | 18,200 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 6,832 |
| | | | | 600 | 56,47 | 0,0130 | 79 | 280,20 | 27,519 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 4,976 |
| | „ | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0120 | 7 | 69,28 | 6,819 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 10,785 |
| | | | | 200 | 13,54 | 0,0120 | 14 | 131,23 | 12,932 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 9,712 |
| | | | | 600 | 28,23 | 0,0120 | 37 | 194,24 | 19,125 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 6,885 |
| Platte mit 320 Löchern von 9 Mill. Weite. | 203,55 | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0250 | 6 | 104,58 | 5,162 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 16,270 |
| | | | | 200 | 13,54 | 0,0250 | 10 | 178,03 | 8,868 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 13,162 |
| | | | | 600 | 28,23 | 0,0250 | 19 | 310,65 | 15,258 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 11,000 |

## Tabelle D.

| Hindernisse beim Durchgange des Rauches. Bezeichnung. | Querschnitt des Durchganges in Quadr.-Cent. | Blasrohr. Durchmesser in Cent. | Blasrohr. Querschnitt in Quadr.-Cent. | Spannung des Dampfes im Ausblaserohr in Mill. Quecks. | Berechneter Dampfverbrauch in Grammen. | Schornsteinquerschnitt des stärksten Zuges. Quad.-Met. | Entspr. Depression in der Rauchkiste in Mill. Wassers. | Angesogene Luftmenge in Grammen pro Secunde. | Angesogene Luftmenge pro Secunde u. Qu.-Met. Durchgangsquerschnitt in Kil. | Verhältniß zwisch. d. Schornsteine u. Drchgangsquerschn. | Verhältniß zwischen dem Schornsteine u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen dem Durchgange- u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen der angesogenen Luftmenge u. dem verbrauchten Dampfe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Platte mit 20 Löchern von 9 Mill. Weite. | 12,72 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,54 | 0,0036 | 82 | 41,03 | 35,485 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,800 |
| | | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0034 | 60 | 37,25 | 29,280 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,444 |
| | | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0025 | 32 | 27,62 | 21,621 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,150 |
| | | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0022 | 23 | " | " | 1,73 | 28,20 | 16,00 | " |
| | " | 2,82 | 6,28 | 200 | 110,35 | 0,0036 | 337 | 91,12 | 72,524 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,825 |
| | | 2,00 | 3,14 | 200 | 55,17 | 0,0034 | 253 | 71,02 | 55,982 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,016 |
| | | 1,41 | 1,57 | 200 | 27,08 | 0,0025 | 135 | 55,25 | 43,485 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,050 |
| | | 1,00 | 0,78 | 200 | 13,54 | 0,0022 | 80 | 41,20 | 32,385 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 3,042 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 400 | 170,40 | 0,0036 | 663 | 115,75 | 90,982 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,675 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 600 | 225,90 | 0,0036 | 786 | 125,00 | 94,458 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,555 |
| | | 2,00 | 3,14 | 600 | 112,95 | 0,0034 | 650 | 111,35 | 87,624 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 0,988 |
| | | 1,41 | 1,57 | 600 | 56,47 | 0,0025 | 384 | 92,42 | 72,732 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 1,640 |
| | | 1,00 | 0,78 | 600 | 28,23 | 0,0022 | 206 | 67,19 | 52,983 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 2,376 |
| Platte mit 40 Löchern von 9 Mill. Weite. | 25,44 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,54 | 0,0055 | 65 | 70,04 | 27,521 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 1,360 |
| | | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0047 | 42 | 62,43 | 24,682 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,426 |
| | | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0045 | 26 | 46,14 | 18,134 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,755 |
| | | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0032 | 17 | 35,20 | 13,832 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 5,442 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 200 | 110,35 | 0,0055 | 202 | 108,51 | 42,625 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,983 |
| | | 2,00 | 3,14 | 200 | 55,17 | 0,0047 | 174 | 111,52 | 43,621 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,030 |
| | | 1,41 | 1,57 | 200 | 27,08 | 0,0045 | 100 | 83,69 | 32,892 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,086 |
| | | 1,00 | 0,78 | 200 | 13,54 | 0,0032 | 48 | 65,35 | 25,682 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 4,825 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 600 | 225,90 | 0,0055 | 682 | 162,75 | 63,995 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,740 |
| | | 2,00 | 3,14 | 600 | 112,95 | 0,0047 | 435 | 148,75 | 58,395 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 1,322 |
| | | 1,41 | 1,57 | 600 | 56,47 | 0,0045 | 256 | 128,82 | 50,629 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 2,295 |
| | | 1,00 | 0,78 | 600 | 28,23 | 0,0032 | 135 | 100,28 | 39,410 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 3,554 |
| Platte mit 160 Löchern von 9 Mill. Weite. | 101,78 | 2,82 | 6,28 | 50 | 51,54 | 0,0145 | 27 | 170,52 | 16,753 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 3,315 |
| | | 2,00 | 3,14 | 50 | 25,77 | 0,0135 | 18 | 148,60 | 14,632 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 5,721 |
| | | 1,41 | 1,57 | 50 | 12,88 | 0,0130 | 12 | 114,87 | 11,284 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 8,852 |
| | | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0120 | 7 | 69,26 | 6,819 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 10,785 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 200 | 110,35 | 0,0145 | 84 | 295,04 | 29,000 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,675 |
| | | 2,00 | 3,14 | 200 | 55,17 | 0,0135 | 60 | 235,12 | 23,150 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 4,255 |
| | | 1,41 | 1,57 | 200 | 27,08 | 0,0130 | 32 | 184,60 | 18,200 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 6,832 |
| | | 1,00 | 0,78 | 200 | 13,54 | 0,0120 | 14 | 131,23 | 12,932 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 9,712 |
| | " | 2,82 | 6,28 | 600 | 225,90 | 0,0145 | 255 | 488,31 | 48,012 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,156 |
| | | 2,00 | 3,14 | 600 | 112,95 | 0,0135 | 153 | 387,74 | 38,195 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 3,445 |
| | | 1,41 | 1,57 | 600 | 56,47 | 0,0130 | 79 | 280,20 | 27,519 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 4,976 |
| | | 1,00 | 0,78 | 600 | 28,23 | 0,0120 | 37 | 194,24 | 19,125 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 6,885 |
| Platte mit 320 Löchern von 9 Mill. Weite. | 203,55 | 1,00 | 0,78 | 50 | 6,44 | 0,0250 | 6 | 104,58 | 5,162 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 16,270 |
| | | 1,00 | 0,78 | 200 | 13,54 | 0,0250 | 10 | 178,03 | 8,868 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 13,162 |
| | | 1,00 | 0,78 | 600 | 28,23 | 0,0250 | 19 | 310,65 | 15,258 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 11,000 |

## Tabelle E.

| Hindernisse d. Durchgange des Rauches. | | Blasrohr. | | Spannung des Dampfes im Ausblaserohr in Mill. Quecks. | Berechneter Dampfverbrauch in Grammen. | Schornsteinquerschnitt des stärksten Zuges. Quadr.-Met. | Entspr. Depression in der Rauchkiste in Mill. Wassers. | Angesogene Luftmenge in Grammen pro Secunde. | Angesogene Luftmenge pro Secunde u. Qu.-Met. Durchgangsquerschnitt in Kilogr. | Verhältniß zwisch. d. Schornstein- u. Durchgangsquerschn. | Verhältniß zwischen dem Schornstein- u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen dem Durchgangs- u. dem Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß zwischen der angesogenen Luftmenge u. dem verbrauchten Dampfe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Löcher von 9 Mill. Weite in den Platten. | Querschnitt des Durchganges in Quadr.-Met. | Durchmesser in Met. | Querschnitt in Quadr.-Met. | | | | | | | | | | |
| 20 | 0,001272 | 0,028 | 0,000628 | 50 | 51,54 | 0,0036 | 82 | 41,03 | 35,485 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,800 |
| 40 | 0,002544 | 0,028 | 0,000628 | 50 | 51,54 | 0,0055 | 65 | 70,04 | 27,521 | 1,96 | 8,00 | 4,00 | 1,360 |
| 160 | 0,010178 | 0,028 | 0,000628 | 50 | 51,54 | 0,0145 | 27 | 170,52 | 16,763 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 3,315 |
| 20 | 0,001272 | 0,028 | 0,000628 | 200 | 110,35 | 0,0036 | 337 | 91,12 | 72,524 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,825 |
| 40 | 0,002544 | 0,028 | 0,000628 | 200 | 110,35 | 0,0055 | 202 | 108,51 | 42,625 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,983 |
| 160 | 0,010178 | 0,028 | 0,000628 | 200 | 110,35 | 0,0145 | 84 | 295,04 | 29,000 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,675 |
| 20 | 0,001272 | 0,028 | 0,000628 | 400 | 170,40 | 0,0036 | 663 | 115,75 | 90,982 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,675 |
| 20 | 0,001272 | 0,028 | 0,000628 | 600 | 225,90 | 0,0036 | 786 | 125,00 | 94,458 | 2,73 | 5,74 | 2,00 | 0,556 |
| 40 | 0,002544 | 0,028 | 0,000628 | 600 | 225,90 | 0,0055 | 682 | 162,75 | 63,995 | 1,96 | 8,80 | 4,00 | 0,740 |
| 160 | 0,010178 | 0,028 | 0,000628 | 600 | 225,90 | 0,0145 | 255 | 488,31 | 48,012 | 1,43 | 23,15 | 16,00 | 2,156 |
| 20 | 0,001272 | 0,020 | 0,000314 | 50 | 25,77 | 0,0034 | 60 | 37,25 | 29,280 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,444 |
| 40 | 0,002544 | 0,020 | 0,000314 | 50 | 25,77 | 0,0047 | 42 | 62,43 | 24,682 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,426 |
| 160 | 0,010178 | 0,020 | 0,000314 | 50 | 25,77 | 0,0135 | 18 | 148,60 | 14,632 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 5,721 |
| 20 | 0,001272 | 0,020 | 0,000314 | 200 | 55,17 | 0,0034 | 253 | 71,02 | 55,982 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 1,016 |
| 40 | 0,002544 | 0,020 | 0,000314 | 200 | 55,17 | 0,0047 | 174 | 111,52 | 43,621 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 2,030 |
| 160 | 0,010178 | 0,020 | 0,000314 | 200 | 55,17 | 0,0135 | 60 | 235,12 | 23,150 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 4,255 |
| 20 | 0,001272 | 0,020 | 0,000314 | 600 | 112,95 | 0,0034 | 650 | 111,35 | 87,624 | 2,68 | 10,81 | 4,00 | 0,988 |
| 40 | 0,002544 | 0,020 | 0,000314 | 600 | 112,95 | 0,0047 | 435 | 148,75 | 58,395 | 1,85 | 14,99 | 8,00 | 1,322 |
| 160 | 0,010178 | 0,020 | 0,000314 | 600 | 112,95 | 0,0135 | 153 | 387,74 | 38,195 | 1,33 | 43,12 | 32,00 | 3,445 |
| 20 | 0,001272 | 0,014 | 0,000157 | 50 | 12,88 | 0,0025 | 32 | 27,62 | 21,621 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,150 |
| 40 | 0,002544 | 0,014 | 0,000157 | 50 | 12,88 | 0,0045 | 26 | 46,14 | 18,134 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,755 |
| 160 | 0,010178 | 0,014 | 0,000157 | 50 | 12,88 | 0,0130 | 12 | 114,87 | 11,284 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 8,852 |
| 20 | 0,001272 | 0,014 | 0,000157 | 200 | 27,08 | 0,0025 | 135 | 55,25 | 43,485 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 2,050 |
| 40 | 0,002544 | 0,014 | 0,000157 | 200 | 27,08 | 0,0045 | 100 | 83,69 | 32,892 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 3,085 |
| 160 | 0,010178 | 0,014 | 0,000157 | 200 | 27,08 | 0,0130 | 32 | 184,60 | 18,200 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 6,832 |
| 20 | 0,001272 | 0,014 | 0,000157 | 600 | 56,47 | 0,0025 | 384 | 92,42 | 72,732 | 1,97 | 15,92 | 8,00 | 1,640 |
| 40 | 0,002544 | 0,014 | 0,000157 | 600 | 56,47 | 0,0045 | 256 | 128,82 | 50,629 | 1,57 | 25,49 | 16,00 | 2,295 |
| 160 | 0,010178 | 0,014 | 0,000157 | 600 | 56,47 | 0,0130 | 79 | 280,20 | 27,519 | 1,28 | 82,81 | 64,00 | 4,976 |
| 20 | 0,001272 | 0,010 | 0,000078 | 50 | 6,44 | 0,0022 | 23 | " | " | 1,73 | 28,20 | 16,00 | " |
| 40 | 0,002544 | 0,010 | 0,000078 | 50 | 6,44 | 0,0032 | 17 | 35,20 | 13,832 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 5,442 |
| 160 | 0,010178 | 0,010 | 0,000078 | 50 | 6,44 | 0,0120 | 7 | 69,26 | 6,819 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 10,785 |
| 320 | 0,020355 | 0,010 | 0,000078 | 50 | 6,44 | 0,0250 | 6 | 104,58 | 5,162 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 16,270 |
| 20 | 0,001272 | 0,010 | 0,000078 | 200 | 13,54 | 0,0022 | 80 | 41,20 | 32,385 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 3,042 |
| 40 | 0,002544 | 0,010 | 0,000078 | 200 | 13,54 | 0,0032 | 48 | 65,35 | 25,682 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 4,825 |
| 160 | 0,010178 | 0,010 | 0,000078 | 200 | 13,54 | 0,0120 | 14 | 131,23 | 12,932 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 9,712 |
| 320 | 0,020355 | 0,010 | 0,000078 | 200 | 13,54 | 0,0250 | 10 | 178,03 | 8,868 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 13,162 |
| 20 | 0,001272 | 0,010 | 0,000078 | 600 | 28,23 | 0,0022 | 206 | 67,19 | 52,983 | 1,73 | 28,20 | 16,00 | 2,376 |
| 40 | 0,002544 | 0,010 | 0,000078 | 600 | 28,23 | 0,0032 | 135 | 100,28 | 39,410 | 1,26 | 41,00 | 32,00 | 3,554 |
| 160 | 0,010178 | 0,010 | 0,000078 | 600 | 28,23 | 0,0120 | 37 | 194,24 | 19,125 | 1,18 | 154,00 | 128,00 | 6,885 |
| 320 | 0,020355 | 0,010 | 0,000078 | 600 | 28,23 | 0,0250 | 19 | 310,65 | 15,258 | 1,23 | 320,12 | 256,00 | 11,000 |

Tabelle F. Leistung eines constanten Dampfquantums bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

| Durchgangsplatten für den Rauch. | | Blasrohr. | | Dampfspannung im Reservoir in Mill. Quecks. | Schornstein des stärksten Zuges. | | Verhältniß des Durchgangsquerschnitts zum Blasrohrquerschnitt. | Verhältniß des Schornsteinquerschnittes zum Blasrohrquerschnitt. | Angesogenes Luftquantum in Grammen pro Secunde. | Verbrauchtes Dampfquantum in Grammen pro Sec. | Lebendige Kraft d. verbrauchten Dampfes in Kilogr. | Verhältniß der angesogenen Luftmenge zur verbrauchten Dampfmenge. | Verhältniß d. Gewichtes der angesogenen Luft zur lebend. Kraft d. verbraucht. Dampfes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Durchmesser der 80 Löcher in Mill. | Gesammtquersch. Quad.-Cent. | Weite. Cent. | Querschnitt. Qu.-Cent. | | Durchmesser. Cent. | Querschnitt. Qu.-Cent. | | | | | | | |
| 3 | 5,65 | 2,8 | 6,15 | 15 | 6,2 | 30 | 0,92 | 4,87 | | 25,84 | 9 | | |
| | | 2,0 | 3,14 | 50 | 5,0 | 20 | 1,81 | 6,36 | | 25,84 | 28 | | |
| | | 1,4 | 1,54 | 180 | 4,4 | 15 | 3,66 | 9,75 | 30 | 25,84 | 88 | 1,16 | 0,34 |
| | | 1,0 | 0,79 | 580 | 4,4 | 15 | 7,15 | 18,98 | 35,5 | 25,84 | 206 | 1,37 | 0,17 |
| 6 | 22,52 | 2,8 | 6,15 | 15 | 7,5 | 45 | 3,66 | 7,31 | 37 | 25,84 | 9 | 1,43 | 4,12 |
| | | 2,0 | 3,14 | 50 | 7,1 | 40 | 7,80 | 13,72 | 59 | 25,84 | 28 | 2,28 | 2,10 |
| | | 1,4 | 1,54 | 180 | 7,1 | 40 | 14,58 | 25,99 | 78 | 25,84 | 88 | 3,02 | 0,88 |
| | | 1,0 | 0,79 | 580 | 7,1 | 40 | 28,52 | 50,60 | 94,6 | 25,84 | 206 | 3,66 | 0,46 |
| 9 | 50,89 | 2,8 | 6,15 | 15 | 10,1 | 80 | 8,25 | 13,00 | 63,05 | 25,84 | 9 | 2,44 | 7,00 |
| | | 2,0 | 3,14 | 50 | 10,1 | 80 | 16,20 | 25,54 | 88,40 | 25,84 | 28 | 3,42 | 3,16 |
| | | 1,4 | 1,54 | 180 | 9,1 | 65 | 33,00 | 42,20 | 117,50 | 25,84 | 88 | 4,55 | 1,33 |
| | | 1,0 | 0,79 | 580 | 9,1 | 65 | 64,54 | 82,50 | 141,00 | 25,84 | 206 | 5,45 | 0,68 |
| 12 | 90,07 | 2,8 | 6,15 | 15 | 11,9 | 110 | 14,72 | 17,89 | 90 | 25,84 | 9 | 3,48 | 10,00 |
| | | 2,0 | 3,14 | 50 | 11,9 | 110 | 28,95 | 35,00 | 118 | 25,84 | 28 | 4,57 | 4,20 |
| | | 1,4 | 1,54 | 180 | 11,0 | 95 | 58,99 | 61,60 | 158 | 25,84 | 88 | 6,11 | 1,60 |
| | | 1,0 | 0,79 | 580 | 11,0 | 95 | 114,00 | 118,00 | 181,5 | 25,84 | 206 | 7,02 | 0,88 |
| 15 | 141,37 | 2,8 | 6,15 | 15 | 14,9 | 175 | 22,90 | 27,48 | 110 | 25,84 | 9 | 4,26 | 12,22 |
| | | 2,0 | 3,14 | 50 | 14,3 | 160 | 45,00 | 50,98 | 152 | 25,84 | 28 | 5,88 | 5,42 |
| | | 1,4 | 1,54 | 180 | 14,9 | 160 | 91,50 | 103,83 | 206 | 25,84 | 88 | 7,95 | 2,34 |
| | | 1,8 | 0,79 | 580 | 14,1 | 155 | 178,95 | 196,18 | 245 | 25,84 | 206 | 9,49 | 1,16 |

Man ersieht aus dieser Tabelle:

1. daß bei demselben Durchgangsquerschnitt und constantem Dampfverbrauch, aber verschiedenen Blasrohrquerschnitten derjenige Querschnitt, welcher bei jedem Blasrohre den größten Effect giebt, etwas abnimmt, wenn der Blasrohrquerschnitt abnimmt, daß aber bei Abnahme des Blasrohrquerschnittes auf die Hälfte der Durchmesser des Schornsteins des größten Zuges sich beinahe gar nichts verändert;
2. daß die angesogene Luftmenge in dem Maaße zunimmt, als die Blasrohrmündung abnimmt, oder mit andern Worten, die Ausflußgeschwindigkeit des Dampfes zunimmt.

9. **Rückblick.** — Die hauptsächlichsten Ergebnisse der vorgeschriebenen Versuche sind, so weit sie auf die Locomotiven Anwendung zu finden scheinen, folgende:

1. Ein Schornstein von einem gewissen Querschnitte, welcher mit einem gegebenen Querschnitte der Durchgangs- und der Blasrohröffnung und einer gegebenen Dampfspannung probirt wird, muß zur Erzielung des Maximaleffectes eine Höhe gleich 6 bis 8 Durchmessern erhalten; größere Länge hat nur wenig Einfluß.
2. Die am Fuße der Schornsteine angebrachte trichterförmige Erweiterung scheint ohne merklichen Einfluß auf den Zug zu sein.
3. Ein Schornstein von zweckmäßiger Länge kann innerhalb der Rauchkiste bis in das Niveau der obersten Reihe der Luftlöcher vorstehen, wenn gleichzeitig die Blasrohrmündung auch tiefer gerückt ist, ohne daß der Zug leidet; dagegen nimmt Letzterer sehr ab, wenn das untere Schornsteinende bis in den Strom der Gase eintaucht.
4. Bei genügender Länge des Schornsteins, d. h. bei einer Höhe gleich der 6- bis 8fachen Weite, ist der Abstand des Blasrohres vom Schornstein ohne merklichen Einfluß, so lange dieser Abstand nicht das $1\frac{1}{2}$fache des Schornsteindurchmessers überschreitet; darüber hinaus nimmt der Zug sehr ab.

Das Hineintreten des Blasrohres in den Schornstein scheint keinen schädlichen Einfluß zu äußern, so lange der Schornstein, von dem Blasrohr an gemessen, noch die richtige Länge besitzt.

5. Bei einer gegebenen Größe der Querschnitte der Durchgangsöffnungen und der Blasrohröffnung und gegebener Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes giebt es einen gewissen Schornsteinquerschnitt, welcher den stärksten Zug erzeugt (die Länge des Schornsteins gleich der 6 bis 8fachen Weite angenommen).

6. Wenn bei demselben Durchgangsquerschnitte oder denselben Hindernissen die Blasrohröffnung nur vom Doppelten zum Einfachen variirt, so erzeugt, welches auch immer die Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes sein mag, derselbe Schornsteinquerschnitt den stärksten Zug.

7. Ein gewöhnlicher Schornstein von gegebenem Querschnitt und sein einfaches Blasrohr können durch einen mehrfachen Schornstein und ein mehrfaches Blasrohr (von demselben totalen Querschnitte) annähernd ersetzt werden, wobei vorausgesetzt wird, daß der einfache Schornstein das 6 bis 8fache seines Durchmessers und ein mehrfacher Schornstein die 6 bis 8fache Weite eines einzelnen Rohres zur Höhe erhält. Bei gleicher Dampfspannung werden in beiden Fällen ungefähr gleichgroße Luftmengen durch gleiche Oeffnungsquerschnitte angesogen werden.

10. **Versuche an Locomotiven.** — Um zu sehen, bis zu welchem Grade die mit dem Versuchsapparate gewonnenen Resultate auf Locomotiven anwendbar seien, wurden noch einige besondere Versuche nach einer etwas abweichenden Methode angestellt. Da nämlich die Bestimmung der Luftmenge mittelst des Anemometers unbequem war, so begnügte man sich mit der Messung der Depression in der Rauchkiste mittelst eines Wassermanometers, was jedenfalls genügend ist, wenn es sich blos darum handelt, nachzuweisen, ob ein Schornstein einen stärkeren Zug veranlaßt, als ein anderer. Auch die Messung der Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes, welche bei den Versuchen durch die Spannung im Ausblasreservoir bestimmt wurde, wäre hier sehr schwierig gewesen und man ersetzte sie dadurch, daß auf das Ausblasrohr in einigem Abstande von der Oeffnung ein Quecksilbermanometer aufgesetzt wurde, dessen Röhre dem Dampfstrome entgegengekrümmt und trichterförmig ausgezogen war. Obwohl die Angaben eines solchen Manometers weder die Spannung, noch die Geschwindigkeit des Dampfes genau messen lassen, so bleiben sie doch bei ein und derselben Maschine für dasselbe Ausblasen und denselben Dampfverbrauch oder dieselbe Austrittsgeschwindigkeit gleich. Es läßt sich also mittelst der beiden erwähnten Manometer erkennen, welcher von zwei verschiedenen Schornsteinen derjenige ist, der den größten Zug giebt; denn man braucht nur die vom Quecksilbermanometer am Ausblasrohre angegebene Pressung und die durch das Wassermanometer an der Rauchkiste indicirte Depression zu vergleichen und kann behaupten, daß derjenige Schornstein, welcher bei gleicher Pressung im Ausblasrohre die stärkste Depression in der Rauchkiste erzeugt, auch den stärksten Zug bewirken werde.

Versuche dieser Art an in Bewegung befindlichen Locomotiven sind sehr delicater Natur, weil der Zustand des Rostes jeden Augenblick ein anderer ist und bei gleicher Pressung im Ausblasrohre die Depression in der Rauchkiste geringer ausfällt, wenn das Feuer niedergegangen ist, als wenn der Rost voll liegt*), überhaupt aber je nach dem Zustande des Feuers vom Einfachen auf's Doppelte variirt. Um die hieraus entspringenden Irrungen zu vermindern, wurden die Mittelwerthe aus zahlreichen Versuchen genommen, und um die Resultate mehr hervorzuheben, wurden sie graphisch verzeichnet, indem die beobachteten Pressungen im Ausblasrohre als Abscissen, die Mittelwerthe der in der Rauchkiste beobachteten zugehörigen Depressionen aber als Ordinaten aufgetragen wurden. Derjenige Schornstein, welcher die höchste Curve gab, war augenscheinlich derjenige, welcher in allen Fällen den stärksten Zug erzeugte.

Man kann derartige Versuche auch während des Stillstandes vornehmen, wenn man die Schieber der Maschine abnimmt und dadurch das Blasrohr in directe Verbindung mit dem Kessel setzt, also einen continuirlichen Dampfaustritt herstellt. Durch Stellung des Regulators kann man den Druck im Rohre beliebig verändern. Um sich gegen den Einfluß des Zustandes des Rostes zu sichern, muß man bei gleichem Drucke im Blasrohre hintereinander mehrere Beobachtungen über die Depressionen in der Rauchkiste anstellen.

Im Nachstehenden theilen wir die Ergebnisse mehrerer direct an Locomotiven abgeführter Versuche mit, welche ganz gut mit den Versuchen im Kleinen harmoniren.

1. Bestimmung des Schornsteins mit dem stärksten Zuge für eine feste Blasrohröffnung an der Locomotive Nr. 36 der Serie 17—50.

Die Blasrohröffnung hatte 0,110 Meter Durchmesser = 0,009503 Quadr.-Met. Querschnitt und befand sich in 0,1 Met. Abstand unter dem unteren Ende des Schornsteins. Die sieben versuchten Schornsteine waren sämmtlich 2 Met. hoch, über der Blasrohröffnung gerechnet, und besaßen im Uebrigen folgende Verhältnisse:

*) Dies scheint ganz mit Dem übereinzustimmen, was wir auf S. 285, Tabelle E. bemerkt haben, nämlich daß bei gleichem Blasrohr und gleicher Geschwindigkeit des Dampfes die Depression in der Rauchkiste abnimmt, wenn der Querschnitt der Durchgangsöffnungen zunimmt, obwohl dabei die Quantität der angesogenen Luft zunimmt.

| Nummer. | Durchmesser. Met. | Querschnitt. Quadr.-Met. | Verhältniß des Schornstein- u. Blasrohrquerschn. |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,452 | 0,16 | 16,83 |
| 2 | 0,430 | 0,14 | 15,46 |
| 3 | 0,391 | 0,12 | 13,25 |
| 4 | 0,357 | 0,10 | 11,45 |
| 5 | 0,319 | 0,08 | 8,41 |
| 6 | 0,277 | 0,06 | 6,62 |
| 7 | 0,226 | 0,04 | 4,20 |

Sie wurden auf der Fahrt von Paris nach Pontoise und rückwärts probirt, wobei sich zeigte, daß mit den Schornsteinen 2, 3, 4 und 5 die Fahrt leicht in der vorgeschriebenen Zeit zurückgelegt werden konnte, daß aber bei den Schornsteinen Nr. 1 und 6 der Zug ungenügend war und mit dem Schornstein Nr. 7 gar nicht gefahren werden konnte. Die Schornsteine Nr. 3, 4 und 5 gaben eine überreichliche Dampfproduction.

Man notirte jedesmal nach Zurücklegung von 1 Kilometer den Gegendruck im Blasrohre und gleichzeitig die Depression in der Rauchkiste und trug die Resultate der auf jeder Fahrt gemachten, ca. 40 betragenden, Beobachtungen, um sie anschaulicher zu machen, graphisch auf. Für jeden Schornstein wurde ein Diagramm (Fig. 6 auf Taf. 16) verzeichnet, worin die Abscissen die beobachteten Drucke im Blasrohre und die Ordinaten die Mittelwerthe der zugehörigen Depressionen darstellen. Man erhielt so sieben Reihen von Punkten, welche unter sich verbunden wurden und die Linien Nr. 1 bis 7 gaben. In Fig. 6 und 7 sind die Manometerangaben in halber natürlicher Größe aufgetragen.

Die Anschauung der Fig. 6 zeigt, daß derjenige Schornstein, welcher bei gleichem Blasrohrdrucke die größte Depression, also den stärksten Zug erzeugt hat, der Schornstein Nr. 4 gewesen ist; da jedoch die Schornsteine Nr. 3 und 5 nur wenig abweichende Depressionen gegeben haben, so hielten wir es für nöthig, die Schornsteine 3, 4 und 5 nochmals besonderen vergleichenden Versuchen zu unterwerfen.

Auch die Resultate dieser Versuche wurden in der beschriebenen Weise graphisch verzeichnet, Fig. 7, und das Diagramm beweist noch deutlicher, daß der Schornstein Nr. 4 den größten Zug erzeugt.

### 2. Versuch mit einem horizontalen Schornsteine an der Locomotive Nr. 133.

Aus den Versuchen über die Länge und den Querschnitt der Schornsteine schien hervorzugehen, daß der Zug bei den Locomotiven nur durch die fortreißende Wirkung, welche der Dampfstrahl seitlich auf die ihn umgebenden Gase ausübt, hervorgebracht werde, und daß demnach die Lage des Schornsteins gleichgiltig sei. Um dies zu ermitteln, wurde der gewöhnliche verticale Schornstein der Crampton'schen Locomotive Nr. 133 durch einen ebenso weiten und langen liegenden Schornstein ersetzt. Da man aber den Rauch zuletzt vertical in die Atmosphäre ausströmen lassen mußte, so ließ man diesen Schornstein in ein Knie ausgehen. Das Blasrohr wurde ebenfalls verlängert und so gebogen, daß der Dampfstrahl horizontal und in der Axe des Schornsteins austreten konnte, wie dies aus Fig. 5 zu erkennen ist.

Die betreffende Maschine ist 3 Monate lang in regelmäßigem Gebrauch geblieben und hat sich mit dem horizontalen Schornstein ziemlich ebenso leicht handhaben lassen, als mit dem verticalen.

### 3. Versuch mit horizontalen Schornsteinen an Personenzugsmaschinen mit vier Cylindern.

Diese Versuche sollten dazu dienen, festzustellen, welchen Querschnitt und welche Länge man einem horizontalen Schornsteine geben müsse, um den stärksten Zug zu erzielen.

Zunächst untersuchte man den Einfluß des Querschnittes bei einem Blasrohrdurchmesser von 100 Millimetern und wendete dazu folgende Schornsteine an:

Nr. 1 mit 0,40 Met. Durchmesser.
2 „ 0,45 „ „
3 „ 0,48 „ „
4 „ 0,52 „ „
5 „ 0,55 „ „

Sie waren 3,5 Meter lang, also mindestens 6mal so lang als der weiteste Schornstein. Der Blasrohrdruck wurde durch allmälige Oeffnung des Regulators gesteigert und die zugehörige Depression beobachtet.

Tabelle G auf folgender Seite giebt die erzielten Resultate.

Zu mehrerer Verdeutlichung sind ebenfalls Diagramme verzeichnet worden, wobei die Blasrohrdrücke als Abscissen, die entsprechenden Depressionen in der Rauchkiste aber als Ordinaten angetragen wurden. Die entstehenden gebrochenen Linien sind in Fig 8 zusammengestellt.

Man erkennt daraus:

1. daß der Schornstein Nr. 1 von 0,4 Met. Weite geringere Depressionen erzeugt, als die andern Schornsteine,

2. daß die Schornsteine Nr. 3 und 4 von 0,45 und 0,48 Met. Durchmesser einen stärkeren Zug zu geben scheinen, als die andern, ohne daß jedoch ein entschiedenes Maximum nachgewiesen werden könnte.

Die Versuche wurden mit einem Blasrohr von 0,125 Met. Weite wiederholt und es ergab sich ebenfalls bei den

### Tabelle G.

| Versuchsnummer. | Blasrohrdruck. Mill. Queckſ. | Mittlere Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasserſ. Schornsteindurchmesser. 0,4 Met. | 0,45 Met. | 0,48 Met. | 0,52 Met. | 0,55 Met. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 13 | 13,5 | 12,8 | 14,3 | 13,6 |
| 2 | 60 | 26 | 28,3 | 27 | 27,1 | 26,6 |
| 3 | 90 | 37,5 | 44,1 | 40,8 | 41 | 41,8 |
| 4 | 120 | 49 | 54,6 | 54,6 | 54 | 52 |
| 5 | 150 | 59,6 | 68,6 | 68,5 | 65 | 63,5 |
| 6 | 180 | 69 | 77 | 80,5 | 77,3 | 75 |
| 7 | 210 | 76,5 | 86,6 | 91,3 | 88,1 | 85,5 |
| 8 | 240 | 84,5 | 97,8 | 102,5 | 99,5 | 95,5 |
| 9 | 270 | 93,6 | 108,6 | 113,8 | 110,7 | 106,1 |
| 10 | 300 | 102,3 | 119,3 | 127,3 | 121 | 117,3 |

Schornsteinen von 0,45 und 0,48 Met. Durchmesser der stärkste Zug.

Um den Einfluß der Länge der Schornsteine zu ermitteln, wurde mit einem Blasrohr von 0,125 Met. Weite und einem Schornstein von 0,45 Met. Weite experimentirt, dessen Länge

bei Nr. 1 1 Meter,
2 2 „
3 3 „
4 4 „
5 2 „ und 1 Knie von 1 Met.

betrug. Die Beobachtungsresultate sind in nachstehender Tabelle H verzeichnet und in Fig. 9 graphisch dargestellt.

### Tabelle H.

| Versuchsnummer. | Blasrohrdruck in Mill. Queckſ. | Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasserſ. |
|---|---|---|
| Schornsteinlänge 1 Met. (Curve Nr. 1.) | | |
| 1 | 5 | 5 |
| 2 | 16 | 6 |
| 3 | 30 | 10 |
| 4 | 74 | 22 |
| 5 | 119 | 34 |
| 6 | 169 | 46 |
| Schornsteinlänge 2 Met. (Curve Nr. 2.) | | |
| 1 | 16 | 9 |
| 2 | 27 | 15 |
| 3 | 39 | 21 |
| 4 | 46 | 24 |
| 5 | 63 | 32 |
| 6 | 73 | 36 |
| 7 | 123 | 58 |

| Versuchsnummer. | Blasrohrdruck in Mill. Queckſ. | Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasserſ. |
|---|---|---|
| Schornsteinlänge 3 Met. (Curve Nr. 3.) | | |
| 1 | 14 | 10 |
| 2 | 24 | 18 |
| 3 | 38 | 27 |
| 4 | 44 | 32 |
| 5 | 53 | 37 |
| 6 | 54 | 39 |
| 7 | 73 | 47 |
| 8 | 96 | 59 |
| 9 | 123 | 75 |
| 10 | 151 | 85 |
| 11 | 207 | 110 |

| Versuchsnummer. | Blasrohrdruck in Mill. Queckſ. | Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasserſ. |
|---|---|---|
| Schornsteinlänge 4 Met. (Curve Nr. 4.) | | |
| 1 | 19 | 16 |
| 2 | 23 | 17 |
| 3 | 35 | 25 |
| 4 | 54 | 37 |
| 5 | 94 | 60 |
| 6 | 117 | 70 |
| 7 | 129 | 75 |
| 8 | 132 | 76 |
| 9 | 152 | 85 |

| Versuchsnummer. | Blasrohrdruck in Mill. Queckſ. | Depression in der Rauchkiste in Mill. Wasserſ. |
|---|---|---|
| Schornstein mit Knie. (Curve Nr. 5.) | | |
| 1 | 24 | 14 |
| 2 | 34 | 19 |
| 3 | 49 | 25 |
| 4 | 56 | 27 |
| 5 | 65 | 32 |
| 6 | 89 | 43 |
| 7 | 97 | 46 |
| 8 | 112 | 51 |
| 9 | 132 | 60 |
| 10 | 132 | 60 |
| 11 | 83 | 39 |
| 12 | 61 | 29 |
| 13 | 37 | 20 |

Hieraus und aus der Betrachtung der Figur 9 ergiebt sich:

1. daß der Zug mit der zunehmenden Schornsteinlänge wächst, daß die Zunahme jedoch bei mehr als 3 bis 4 Met. Länge fast verschwindend klein ist;

2. daß der Schornstein Nr. 5 von 2 Met. Länge im

geraden Theile und 1 Met. Länge im gekrümmten Kniee, also von 3 Met. Länge im Ganzen, nicht mehr Zug gegeben hat, als ein gerader Schornstein von 2 Met. Länge.

Diese Versuche wurden mit einem Blasrohr von 100 Mill. Weite und Schornsteinen von 2, 2,5, 3, 3,5 und 4 Met. Länge wiederholt, und es stellte sich hierbei heraus, daß der 3,5 Met. lange Schornstein noch etwas mehr Zug zu geben schien, als der 3 und 4 Met. lange, daß demnach diejenige Schornsteinlänge, welche den stärksten Zug zu erzeugen im Stande ist, zwischen 3 und 4 Metern, d. h. bei einer Länge gleich dem 8fachen Durchmesser, zu liegen scheint.

4. Versuch mit einem mehrfachen Schornstein an der Schnellzugmaschine Nr. 162 nach Crampton's System.

Bei der Maschine Nr. 162 war eine Trockenvorrichtung, ähnlich wie bei den Maschinen für starke Steigungen angebracht und dadurch soviel Höhe in Anspruch genommen worden, daß für den Schornstein blos noch die für einen gewöhnlichen Schornstein ganz ungenügende Höhe von 0,75 Met. übrig blieb. Man sah sich deshalb veranlaßt, den Versuch mit einem mehrfachen Schornstein zu machen, welcher aus vier Rohren und vier in der Mitte dieser Schornsteine ausmündende Blasrohrmundstücken bestand. (Vergl. Fig. 10 auf Taf. 16.)

Jede Blasrohröffnung hatte 52 Mill. Durchmesser, also entsprach der gesammte Querschnitt einer Blasrohröffnung von 0,104 Met. Die den Schornstein bildenden Röhren hatten 0,210 Met. Durchmesser und ihr Gesammtquerschnitt entsprach also einem 0,42 Met. weiten Schornsteine.

Mit diesem Schornstein ausgerüstet hat die Maschine Nr. 162 in derselben Weise und ohne einen Unterschied in der Dampferzeugung erkennen zu lassen, den Dienst verrichtet wie die andern Crampton'schen Locomotiven. Es erzeugte sich eine Depression von 70 Millim. Wassersäule in der Rauchkiste bei 100 Mill. Quecksilbersäule Dampfdruck im Blasrohr.

Man wird bemerkt haben, daß bei diesem mehrfachen Schornstein die Höhe der einzelnen Röhren nur dem $3^1/_2$fachen ihrer Durchmesser gleich ist; es kommt dies daher, daß man Bedenken betrug, die Zahl dieser Schornsteine zu vermehren, um ein besseres Verhältniß zwischen ihrer Höhe und ihrem Durchmesser zu erzielen, weil nämlich dadurch gleichzeitig die Widerstände des Dampfes im Ausblasrohre und folglich der Gegendruck gegen die Dampfkolben vermehrt worden sein würde. Uebrigens bestätigte die Erfahrung diese Ansicht, als man nämlich mit einem aus 36 einzelnen, das richtige Verhältniß der Höhe zum Durchmesser zeigenden, Röhren mit besondern Blasrohren experimentirte. Als Hauptergebniß läßt sich aber behaupten:

daß die mehrfachen Schornsteine ungefähr dieselben Resultate wie gewöhnliche Schornsteine geben, wenn die Zahl der einzelnen Röhren nicht mehr als 2 bis 4 beträgt.*)

(Mémoires et Compte rendu des travaux de la Soc. des Ingenieurs Civils, 2. sér. 16. ann. 4. cah.)

*) Die Herren Verfasser bemerken am Ende ihrer Abhandlung, daß ihnen soeben das Zeuner'sche Werk über das Locomotivenblasrohr zugehe, und haben es gewiß bedauert, dasselbe nicht früher kennen gelernt zu haben. Wir halten die im Obigen mitgetheilten Versuche der Herren Nozo und Geoffroy, welche übrigens erst im November 1860 begonnen wurden, während die Züricher Versuche bereits im Sommer des J. 1858 begannen, in praktischer Beziehung für sehr beachtenswerth und überlassen es unserm gelehrten Herrn Mitarbeiter, dieselben vielleicht einer näheren kritischen Beleuchtung zu unterziehen.
D. Red.

# Ueber die Steuerungen mit Schleppschiebern.

Von

J. Bauschinger, Lehrer an der Königl. Gewerbschule in Fürth bei Nürnberg.

(Hierzu Tafel 17 und 18.)

## I. Einleitung.

Unter Steuerungen mit Schleppschiebern werden hier diejenigen Dampfmaschinensteuerungen verstanden, bei denen auf dem Rücken des Haupt- oder Vertheilungsschiebers, der durch ein gewöhnliches Excenter bewegt wird, ein oder zwei sogenannte Expansionsschieber liegen, welche nicht besonders geführt, sondern von dem Hauptschieber auf einem Theil

seines Weges mitgenommen werden, dann aber durch Anstoßen an ein dargebotenes Hinderniß stehen bleiben, sodaß der Hauptschieber auf dem übrigen Theil seines Weges unter ihnen weggeht. Hierbei verschließen der oder die Expansionsschieber die, durch den Hauptschieber hindurchgehenden Dampfcanäle und bewirken dadurch die Expansion, und zwar tritt dies um so früher ein, je früher der Anstoß erfolgt. Durch Verstellen jenes Hindernisses also (des Daumens, der Nase rc.), an welches der oder die Expansionsschieber anstoßen, kann die Expansion verändert werden, und dieses Verstellen kann, wie leicht ersichtlich, aus Hand oder von der Maschine selbst mit Hilfe des Regulators besorgt werden.

In Bezug auf Veränderlichkeit der Expansion leisten somit die Schleppschiebersteuerungen Alles, was verlangt werden kann. Sie haben dazu vor der Meier'schen mit Expansionsventil, abgesehen von der größeren Einfachheit der Construction, auch noch den wesentlichen Vorzug, daß die Umdrehungen des Regulators unabhängig von denen der Schwungradwelle sein können.

Was die verschiedenen Expansionsgrade betrifft, die mit den Schleppschiebersteuerungen erreicht werden können, so ist bekannt, daß dieselben sämmtlich über 2 liegen. Denn da der Dampfabschluß in Folge des Anstoßens des, durch den Hauptschieber mit fortgeschleppten Expansionsschiebers erfolgt, so muß er während des Hingangs des Hauptschiebers, spätestens also dann stattfinden, wenn derselbe seinen todten Punkt erreicht hat, der Kolben also ungefähr (wenn keine Voreilung vorhanden wäre, genau) in der Mitte seines Hubes steht. Wenn bis dahin der Abschluß noch nicht erfolgt ist, so bleibt der Canal im Hauptschieber während des ganzen übrigen Kolbenwegs offen; er ist höchstens verengt worden. Es ist übrigens diese Beschränkung in den Expansionsgraden kein Nachtheil der in Rede stehenden Steuerungen, denn es ist bekannt, daß bei den Dampfspannungen, wie sie für Expansionsmaschinen heutzutage fast immer gebraucht werden, der günstigste Expansionsgrad immer und zwar ziemlich weit über zwei gelegen ist.

Es ist indessen durchaus nicht meine Absicht, dem Urtheile der Ingenieure über die Schleppschiebersteuerungen vorgreifen zu wollen. Aber ich habe geglaubt, daß bei den unbestrittenen Vorzügen, welche dieselben besitzen, der Grund für die Seltenheit ihrer Anwendung in dem Umstande zu finden sein dürfte, daß man bisher zu wenig mit der Art und Weise, wie die Vorgänge der Dampfvertheilung bei ihnen stattfinden, vertraut war.*) Diese Lücke*) auszufüllen, ist der Zweck der folgenden Zeilen, in welchen ich zu zeigen hoffe, daß sich jene Vorgänge mittelst eines sehr einfachen Diagrammes klar durchschauen lassen. Zugleich wird man dadurch auf einfache Principien über die Anordnung der in Rede stehenden Steuerungen geführt, sodaß von dieser Seite her selbst für die reinen Praktiker durchaus keine Schwierigkeiten gegen ihre Anwendung mehr im Wege stehen dürften.

## II. Kurze Beschreibung der verschiedenen Arten von Schleppschiebersteuerungen.

Je nachdem man einen oder zwei Expansionsschieber, in letzterem Falle einen für jede Seite des Cylinders, anwendet, und je nachdem man den- oder dieselben **innen**, d. h. gegen einen Daumen in der Mitte des Schieberkastens, oder **außen** an den Wänden desselben, oder **innen und außen** anstoßen läßt, ergeben sich verschiedene Arten von Steuerungen mit Schleppschiebern. In Wirklichkeit beschränkt sich die ziemlich große Anzahl der hiernach möglichen Fälle auf nur drei, welche in den Figuren 1 und 3 (Taf. 17) und 1 (Taf. 18) abgebildet sind. Bei der Ausführung dieser Figuren hatte man zunächst nur im Auge, ein Bild der Anordnung der Steuerung betreffs der für die Dampfvertheilung unmittelbar maaßgebenden Theile derselben zu geben; die in dieser Beziehung gleichgiltigen Einrichtungen und Dimensionen konnten füglich dem praktischen Con-

---

*) Bei meinen Untersuchungen von Dampfmaschinen mit dem Indicator traf ich auch eine solche mit Schleppschiebersteuerung (zwei Expansionsschieber auf dem Rücken des Hauptschiebers), die so angeordnet war, daß nach stattgefundener Expansion nochmals Dampf in den Cylinder gelassen wurde! Und diesem argen Fehler konnte höchst einfach durch Abkürzen zweier ungefähr halbzölliger Stäbchen um ein paar Linien abgeholfen werden.

*) Die „Principien der Daumensteuerung" von M. Eith im 4ten Bde. des „Civil-Ingenieurs" sind mir wohl bekannt. Aber abgesehen davon, daß Herr Eith nur **einen** speciellen Fall der Schleppschiebersteuerungen behandelt, schlägt er auch den im vorliegenden Fall weniger durchsichtigen Weg der Rechnung ein, während ich den der Construction vorziehen zu müssen glaubte. Ueberdies sind meine Resultate betreffs Anordnung des oder der Expansionsschieber von den Eith'schen verschieden.

Auch die Arbeit von H. Fuhst im 2. Bde. von Payne's „Panorama" muß hier erwähnt und bemerkt werden, daß in ihr bereits der Keim zu dem in gegenwärtiger Abhandlung mitgetheilten Diagramme der Schleppschiebersteuerungen zu finden ist. Ich hatte übrigens dieses Diagramm lange gefunden und angewandt, ehe mir die Fuhst'sche Arbeit bekannt wurde.

Endlich giebt auch noch Herr Chelius im 6. Bande des „Civilingenieur", S. 276, neben dem Diagramm für seine Daumensteuerung, welche weiter unten ausführlicher Erwähnung finden wird, ein solches für die Schleppschiebersteuerung mit 2 Expansionsschiebern auf dem Rücken des Hauptschiebers. Er behandelt dasselbe aber nur ganz im Vorübergehen; auch ist seine Methode, abgesehen davon, daß er, um die Dampferöffnungen zu bekommen, erst eine Curve construiren muß, wenig geeignet, einen klaren Einblick in die Bedeutung der verschiedenen Dimensionsverhältnisse für die Dampfvertheilung thun und daraus umgekehrt auf jene Dimensionsverhältnisse zurückschließen zu lassen.

structeur überlassen werden.*) Was die Dimensionen in obigen Figuren betrifft, so sind dieselben in ihren Verhältnissen zwar so genau als möglich wiedergegeben; der geringen Größe des Maaßstabes wegen aber, in dem dieselben gezeichnet sind, ist dies nur von geringem Werth; im Uebrigen ist dieser Maaßstab selbst als ein ganz beliebiger angenommen worden. Dafür sind weiter unten bei den einzelnen Beschreibungen die wenigen maaßgebenden Dimensionen in Verhältnißzahlen angegeben, und zwar bezogen auf die, durch den Kolbenquerschnitt bedingte Größe der Dampfeinströmungsöffnungen. Ueberdies muß hier vorausgeschickt werden, daß sich, wie später gezeigt werden soll, für jede Art von Schleppschiebersteuerung ein oder besser einige für die Praxis am meisten Vortheile bietende Normalfälle aufstellen lassen, deren sämmtliche Dimensionen nur proportional vergrößert oder verkleinert werden dürfen, um in jedem Falle eine nicht blos richtige, sondern den gewöhnlichen praktischen Bedürfnissen fast einzig entsprechende Steuerung zu erhalten. Zu diesen Normalfällen gehören die obigen Figuren, sowie auch die Fig. 2, Taf. 17; einige andere, jenen zu sehr ähnliche Fälle sind nicht gezeichnet. Es können daher diese Figuren, unter Zugrundelegung der unten für die maaßgebenden Dimensionen angegebenen Zahlenverhältnisse und mit übrigens willkürlicher Bestimmung über die in dieser Beziehung gleichgiltigen, unmittelbar zur Construction irgend einer Art von Schleppschiebersteuerung für jeden vorkommenden Fall verwendet werden, vorausgesetzt, daß man mit den bei ihrer Zeichnung aufgestellten und unten ebenfalls angegebenen Bedingungen betreffs der Dampfwege-Eröffnungen für die Stellung des Kolbens am todten Punkt, des Compressionsgrades und der Expansionsgrenzen einverstanden ist.

Fig. 1, Taf. 17 giebt die Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß. MM′ ist der Schieberspiegel; an demselben münden die auf beide Seiten des Cylinders führenden Einströmungscanäle gf, g′f′ (deren Breite, bedingt durch ihre Länge und den Kolbenquerschnitt, wir mit k bezeichnen), sowie der Ausströmungscanal cc′, wie gewöhnlich von der doppelten Breite 2k. Der Hauptschieber H ist in seiner mittleren Stellung gezeichnet; seine äußere Deckung ist somit fi = f′i′; wir bezeichnen sie mit a. Die innere Deckung ist als Null angenommen. Der Zwischenraum cg, c′g′ zwischen den Ein- und Ausströmungsöffnungen muß also wenigstens gleich der Excentricität e des Excenters, durch welches der Hauptschieber geführt wird, sein. Diese Excentricität aber muß mindestens gleich der Summe der Canalbreite k und der äußeren Deckung gemacht werden; sie wird auch selten größer genommen und wir haben daher auch in der Folge fast immer

$$e = a + k$$

vorausgesetzt. Die durch den Hauptschieber führenden Dampfwege werden durch die Höhlungen K und K′ mit den Ausgängen hi, h′i′ und den Eingängen mn, m′n′ gebildet; wir nennen letztere in der Folge bezüglich die unteren und oberen Einströmungsöffnungen des Hauptschiebers; die Breite h der unteren muß mindestens gleich e — a, in dem Falle der obigen Voraussetzungen also mindestens gleich k sein. Die inneren Grenzen i und i′ dieser Oeffnungen sind die für die Dampfvertheilung durch den Hauptschieber, und zwar für die Dampfeinströmung maaßgebenden; wir bezeichnen sie daher mit dem Namen „Einlaßkanten". Die Kanten g und g′ werden dem entsprechend Auslaßkanten zu nennen sein. Die Breite der oberen Einströmungsöffnungen mn, m′n′ des Hauptschiebers bezeichnen wir mit k′. Das natürlichste wäre natürlich, k′ = k zu nehmen. Aber wir werden weiter unten nachweisen, daß man in Rücksicht auf die zu erreichenden Expansionsgrenzen im gegenwärtigen Fall gezwungen sein kann, k′ kleiner als k, oder besser gesagt, da k′ jedenfalls die für den Dampfdurchfluß erforderliche Größe haben muß, k größer als k′ zu nehmen. Die Lage der oberen Einströmungsöffnungen gegen die Mittellinie des Schiebers ist ziemlich gleichgiltig. Wir werden die Entfernungen der inneren Kanten n und n′ von der Mittellinie künftig mit i bezeichnen.

Der Expansionsschieber E ist so gezeichnet, daß er mitten auf dem Hauptschieber liegt. Die Entfernung seiner äußersten Kanten p und p′, (wir nennen sie seine äußere Länge und bezeichnen die Hälfte derselben mit l) ist dann gerade gleich 2i. Da durch Ueberdeckung der Kanten m und m′ durch die Kanten p und p′ die Expansion hervorgebracht wird, so bezeichnen wir dieselben passend mit dem Namen der Expansionskanten des Haupt-, bez. Expansionsschiebers.

Der Expansionsschieber stößt mit den Kanten q und q′ zweier an den Leisten t und t′ vorspringender Nasen beiderseits an dem Daumen D an. Wir nennen diese Kanten innere Kanten des Expansionsschiebers, ihre Entfernung seine innere Länge und bezeichnen die Hälfte derselben mit l′; sie kann bis zu einem gewissen Grade ebenfalls beliebig angenommen werden. Von dem Spielraum zwischen den Kanten q und q′ und den äußersten Kanten u und u′ des Daumens, deren Entfernung wir

*) Nur das erlaube ich mir zu bemerken, daß mir bei meinen Indicatorversuchen an Dampfmaschinen mit Schleppschiebern die Erfahrung gezeigt hat, daß es gut ist, die Expansionsschieber mit Federn gegen den Rücken des Hauptschiebers anzudrücken. Es ist das Gewicht dieser Schieber und der Dampfdruck meist nicht ausreichend, um zu verhüten, daß sie bei ihrer Bewegung zufällige Verschiebungen erfahren, wodurch die Dampfvertheilung sehr unregelmäßig wird.

die Länge des Daumens nennen und mit 2d bezeichnen, hängt die Zeit, zu welcher der Anstoß erfolgt, ab. In der in der Figur vorausgesetzten Stellung des Daumens ist dieser Zwischenraum beiderseits gleich der Excentricität e. Die Kanten q und q' stoßen also eben nur an den Enden des Schieberhubes an dem Daumen an, wodurch der Expansionsschieber nicht mehr verstellt wird; derselbe bleibt also in der in der Figur gezeichneten mittleren Lage unverändert auf dem Hauptschieber liegen; die Canäle k' behalten ihre ungeschmälerte Breite, die Maschine arbeitet mit ganzer Füllung. Bei einer geringeren Länge des Daumens würde der Expansionsschieber nicht nur gar nicht mehr anstoßen, sondern er könnte sogar noch zufällige seitliche Verschiebungen erfahren und dadurch die Dampfvertheilung unregelmäßig machen. Wir nehmen daher als Minimallänge des Daumens

$$2d_0 = 2l' - 2e$$

oder

$$d_0 = l' - e.$$

Wenn durch Verstellung des Daumens im passenden Sinne seine Länge vergrößert wird, so erfolgt der Anstoß des Expansionsschiebers früher. In Folge dessen schieben sich die Expansionskanten des Expansionsschiebers während der Einströmungsperiode über die Oeffnungen oben im Hauptschieber theilweise oder ganz hinweg und bringen dadurch in letzterem Falle die Expansion hervor. Die Gestalt des Daumens ist oberhalb D angedeutet, und ihre Construction wird unten zugleich mit der des Diagrammes angegeben werden. Die Verstellung des Daumens kann durch Drehen der Welle W, an welcher er befestigt ist, und die dampfdicht durch den Deckel des Schieberkastens hindurchgeht, bewerkstelligt werden. Diese Drehung aber kann aus Hand oder selbstthätig durch die Maschine mittelst des Regulators geschehen.

Wenn man für die Dampfvertheilung folgende Bedingungen festsetzt:

1) daß die Maschine auch mit ganzer Füllung arbeiten können soll,

2) daß der höchste anzuwendende Expansionsgrad 20 nicht überschreite,

3) daß die Eröffnung der Ausströmung am todten Punkt des Kolbens (wir werden sie in der Folge kurz mit Vorausströmung bezeichnen) mindestens = $\frac{1}{3}$ der ganzen Oeffnung, d. h. mindestens $\frac{1}{3}$k sei,

so ergeben sich, wie später gezeigt werden wird, folgende Verhältnißzahlen für die maaßgebenden Dimensionen.

Bezeichnet man mit b die Breite der für den Dampfdurchgang nothwendigen, durch Kolbenquerschnitt und Geschwindigkeit der Maschine bestimmten Dampfeinströmungsöffnungen, nachdem deren Länge willkürlich oder, durch anderweitige Umstände bestimmt, festgesetzt ist, so ist

die Breite der Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber k' gleich b zu nehmen; ferner

die Breite der Dampfwege unten $k = \frac{7}{4} k' = \frac{7}{4} b$;

die äußere Deckung $a = \frac{1}{3} k = \frac{7}{12} b$;

die Excentricität $e = a + k = \frac{7}{3} b$;

die halbe Entfernung der inneren Kanten n, n' der Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber beliebig = i;

die halbe äußere Länge des Expansionsschiebers l = i;

die halbe innere Länge des Expansionsschiebers beliebig = l';

die halbe Minimallänge des Daumens $d_0 = l' - e$.

Die übrigen Dimensionen sind zum Theil selbstverständlich, zum Theil für die Dampfvertheilung gleichgiltig.

Es ist bekannt, und wird später nochmals zur Sprache kommen, daß die Dampfvertheilung unter sonst gleichen Umständen günstiger wird, wenn, statt einer, zwei oder noch mehr Einströmungsöffnungen beiderseits oben im Hauptschieber angebracht werden. In Fig. 2, Taf. 17 ist dieser Fall für zwei Oeffnungen beiderseits gezeichnet. Natürlich muß dann der Expansionsschieber ebenfalls Durchgangsöffnungen für den Dampf erhalten, deren Zahl jedoch, da die äußersten Kanten dieses Schiebers immerhin wieder als Expansionskanten verwendet werden können, um Eins kleiner sein kann, als die der Oeffnungen oben im Hauptschieber. Die Breite k'' dieser Oeffnungen wird am besten gleich derjenigen der Oeffnungen oben im Hauptschieber gemacht, und überhaupt ist ihre Anordnung, entsprechend derjenigen bei nur einer Oeffnung beiderseits, so zu treffen, daß, wenn die beiden Schieber, Mitte auf Mitte, aufeinander gelegt werden, die Oeffnungen genau übereinander zu stehen kommen und die äußersten Kanten des Expansionsschiebers die inneren Kanten der äußersten Oeffnungen oben im Hauptschieber eben erreichen. Im Uebrigen bleibt die Anordnung genau so, wie oben bei einer Oeffnung beschrieben wurde. Bezeichnen wir wieder mit i die, bis zu gewissen Grenzen beliebige halbe Entfernung der inneren Kanten irgend zweier, zu beiden Seiten liegenden Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber, mit l die halbe Entfernung der zugehörigen Expansionskanten des Expansionsschiebers, so ist wiederum l = i. Hieraus ergiebt sich die Lage der übrigen Oeffnungen von selbst, wenn noch die Breite s der Stege zwischen den Einströmungsöffnungen im Haupt- und Expansionsschieber bestimmt ist. Diese ist aber, mit k' allgemein die Breite dieser letzteren Oeffnungen bezeichnet,

wie sich später ergeben wird, mindestens gleich $e + a - k'$ zu nehmen.

Die oberen Einströmungsöffnungen selbst brauchen, aus Rücksicht für die Expansionsgrenzen, in ihrer Gesammtheit nicht kleiner genommen zu werden, als die unteren, sodaß also, je nachdem 2, 3, 4 &c. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber angewendet werden, die Breite k' einer jeden bezüglich gleich $\frac{k}{2}$, $\frac{k}{3}$, $\frac{k}{4}$ &c. gewählt werden kann, mit k die Breite des unteren Canals bezeichnet. Man erhält damit, vorausgesetzt, daß man die äußere Deckung a wiederum nicht kleiner als $\frac{1}{3}k$ nimmt, eine obere Expansionsgrenze, die weit über den in der Praxis gebrauchten Expansionsgraden liegt.

Ausgehend von der von vorneherein festgesetzten Breite k der unteren Dampfwege erhält man folglich, unter Festhaltung der obigen Bedingungen (s. Seite 302) für die Dampfvertheilung, folgende Dimensionsverhältnisse der Figur 2, Tafel 17:

Aeußere Deckung $a = \frac{1}{3}k$.

Excentricität $e = a + k = \frac{4}{3}k$.

Breite der oberen Einströmungsöffnungen im Haupt- und Expansionsschieber für 2, 3, 4 &c. Oeffnungen jederseits bezügl. gleich $\frac{k}{2}$, $\frac{k}{3}$, $\frac{k}{4}$ &c.

Breite der Stege s mindestens gleich $e + a - k'$, oder bezügl. gleich $\frac{7}{6}k$, $\frac{4}{3}k$, $\frac{17}{12}k$ &c.

Die übrigen sind bereits erörtert.

Eine Modification der oben beschriebenen Steuerung in ihrer äußeren Anordnung ist die sogenannte Bourdon'sche Daumensteuerung, bezüglich deren näherer Beschreibung wir auf „Civil-Ingenieur" Bd. II, Taf. 12 und Bd. IV, S. 167, sowie auf „Public. ind. par Armengaud ainé, IX. vol., p. 238 verweisen. Hier nur so viel, daß die innern Anstoßkanten des Expansionsschiebers (q, q' in unsern Figuren) hier die inneren Kanten eines Rahmens bilden, der außerhalb des Schieberkastens gelegen ist und durch eine Stange, welche reibungslos durch die Wand des Schieberkastens (innerhalb der hohlen Excenterstange des Hauptschiebers) hindurchgeht, unveränderlich mit dem Expansionsschieber verbunden ist. Der Daumen liegt dann natürlich ebenfalls außerhalb des Schieberkastens zwischen den innern Kanten jenes Rahmens. Man sieht hieraus, daß die Bourdon'sche Steuerung gegen die oben beschriebene Anordnung ganz unnöthig complicirt erscheint. Uebrigens kann alles Nachfolgende genau auch auf sie angewendet werden.

Bei der Daumensteuerung von Ehelius („Civilingenieur" Bd. VI, S. 265) gehen zu beiden Seiten durch den Hauptschieber je zwei ziemlich schmale, durch einen dünnen Steg getrennte Canäle, deren äußerer von dem Ende des Schiebers wieder nur durch einen schmalen Steg getrennt ist. Je nachdem diese beiden Canäle offen, oder nur der innere, oder beide geschlossen sind, ist unten am Hauptschieber die innere Kante des inneren Canals, oder die innere Kante des äußeren, oder endlich die jenseit beider Canäle gelegene äußerste Kante des Schiebers selbst als Einlaßkante zu betrachten, sodaß durch Verschluß jener Canäle die äußere Deckung des Hauptschiebers in zwei Graden vergrößert werden kann. Dadurch können folglich zwei Expansionsgrade, die aber unter 2 gelegen sind, hervorgebracht werden. Jener Verschluß der Canäle im Hauptschieber geschieht aber durch einen auf dem Rücken desselben liegenden Schleppschieber, der, ähnlich wie bei der oben beschriebenen Steuerung, durch Anstoß an einen verstellbaren Daumen arretirt wird, und in Folge dessen beim Hingange des Schiebers entweder keinen, oder blos den inneren, oder alle beide Canäle desselben überdeckt. Expansion wird aber dadurch nicht hervorgebracht, weil vor dem Verschluß beider Canäle oben durch den Expansionsschieber die äußerste Kante des Hauptschiebers unten bereits über die äußere Kante des Dampfweges hereingetreten ist und fortwährend Dampf zuströmen läßt. Es ist dies auch gar nicht der Zweck des Expansionsschiebers; derselbe soll durch die Ueberdeckung des einen oder der beiden Canäle im Hauptschieber während des Hingangs nur die äußere Deckung desselben für den Rückgang vergrößern, ohne daß beim Hingang, wo diese äußere Deckung noch nicht vorhanden ist, die Compression ebenfalls vergrößert wird. Was also die Expansion an sich angeht, so gehört die Ehelius'sche Daumensteuerung eigentlich nicht zu den in gegenwärtiger Arbeit abgehandelten Schleppschiebersteuerungen, wo, wie Eingangs gesagt, die Expansion durch den Verschluß der Canäle im Hauptschieber mittelst des Expansionsschiebers erzielt wird. Wenn es sich aber darum handelt, die Verengung der Dampfwege für die Einströmung in Folge der Ueberdeckung der Canäle im Haupt- durch den Expansionsschieber, und die passenden Dimensionen der Canäle und der sie trennenden Stege, sowie die des Daumens kennen zu lernen, so lassen sich die unten für die Schleppsteuerungen gegebenen Entwickelungen sehr leicht auch auf die Ehelius'sche Steuerung ausdehnen, und wir halten es daher nicht für nöthig, speciell auf diese letztere einzugehen. Nur die Bemerkung möge noch gestattet sein, daß bei Anwendung unserer Methode die Behandlung einfacher und durchsichtiger wird, als mittelst des Diagrammes, welches Ehelius selbst a. a. O. für seine Steuerung giebt.

Fig. 3, Taf. 17 giebt die Schleppschiebersteuerung

mit einem Expansionsschieber und äußerem Anstoß. Sie heißt gewöhnlich die Farcot'sche (vgl. Payne's „Panorama" Bd. II, S. 202). Der Hauptschieber H ist genau so angeordnet, wie bei der vorigen Steuerung. Auch in Bezug auf die äußere Länge des Expansionsschiebers E gilt ganz dasselbe, was oben schon gesagt wurde. Der Anstoß aber erfolgt hier außen an zwei Daumen D und D'. Als Anstoßkanten des Expansionsschiebers können hier gleich die Expansionskanten p und p' desselben, oder auch andere, mit dem Expansionsschieber fest verbundene genommen werden. Wir nennen ihre Entfernung immerhin wieder die innere Länge des Expansionsschiebers und bezeichnen sie mit 2l'. Im Falle unserer Figur fällt sie mit der äußeren 2l zusammen. Die Daumen D, D' sind in dieser Figur wieder so gezeichnet, daß der Expansionsschieber eben nur an den Enden des Hubs des Hauptschiebers an sie anstößt, daß folglich die Entfernung ihrer Anstoßkanten u, u' in dieser Stellung

$$2d_0 = 2l' + 2e$$
$$d_0 = l' + e$$

ist. Aus denselben Gründen wie oben ist es gut, diese Entfernung als Maximalentfernung für ganze Füllung zu behalten. Um Expansion zu erhalten, muß der Anstoß früher erfolgen, die Daumen D und D' also gleichmäßig einwärts gerückt werden. Dies wird dadurch erreicht, daß man die Daumen D und D' als Schraubenmuttern mit entgegengesetzten Gewinden auf die an entsprechenden Stellen mit ähnlichen Gewinden versehene Stange S steckt, die dampfdicht durch die Wände des Schieberkastens geht. Durch Drehung dieser Stange im passenden Sinne können dann die Daumen gleichmäßig nach einwärts bewegt werden, vorausgesetzt, daß sie durch angebrachte Anschläge am Mitdrehen verhindert sind.

In Bezug auf die einzuhaltenden maaßgebenden Dimensionen gilt genau dasselbe, wie bei der vorigen Steuerung mit innerem Anstoße. Auch für den Fall, daß zwei oder mehr Oeffnungen oben im Hauptschieber angebracht werden, kann genau dasselbe, was oben schon gesagt wurde, wiederholt werden; es wurde deshalb auch nicht für nöthig gehalten, für diesen Fall eine besondere Figur zu geben.

Man sieht übrigens, daß die Verstellung der Daumen D und D' bei der Farcot'schen Steuerung nicht blos weniger einfach ist, als die des Daumens D der vorigen Steuerung, sondern daß sie auch blos aus Hand und kaum von der Maschine selbst mittelst des Regulators bewerkstelligt werden kann. Bei, wie schon jetzt ersichtlich ist, in Bezug auf Dampfvertheilung ganz gleichem Verhalten beider Steuerungen verdient also die erstbeschriebene beiweitem den Vorzug.

Während bei der ersten der nun beschriebenen beiden Schleppschiebersteuerungen mit einem Expansionsschieber der Anstoß blos innen, bei der zweiten blos außen erfolgt, wäre es, wie leicht zu sehen, eine ganz unnöthige Complication, den Expansionsschieber derselben sowohl innen als außen anstoßen zu lassen, und kann daher dieser Fall füglich ganz außer Acht bleiben.

Ganz anders ist dies aber, wenn zwei Expansionsschieber auf dem Rücken des Hauptschiebers, einer für jede Seite desselben, angewendet werden. Hier muß jeder dieser Schieber während einer Umdrehung des Excenters zweimal anstoßen: einmal beim Hingang des Hauptschiebers (während der Einströmungsperiode der betreffenden Seite), wodurch die Expansion erfolgt, dann aber nochmals beim Rückgange dieses Schiebers, um dem Expansionsschieber für die folgende Einströmungsperiode wieder die passende Lage zu geben. Es ist ferner klar, daß die Construction am einfachsten wird, wenn der Anstoß für die Expansion innen, an einem verstellbaren Daumen, der für die Wiedereinrichtung aber außen, gegen die Wände des Schieberkastens hin, erfolgt. So erhalten wir denn hier sogar nur einen einzigen praktischen Fall, der in Fig. 1, Taf. 18 dargestellt ist und zwar vorläufig, mit nur einer Einströmungsöffnung jederseits oben im Hauptschieber.

Der Hauptschieber H ist genau so angeordnet, wie bei den beiden vorhergehenden Steuerungen. E und E' sind die beiden Expansionsschieber, hier wieder in der Lage gezeichnet, welche sie für ganze Füllung bekommen und unverändert beibehalten sollen, ihre Expansionskanten p und p' also mit den inneren Kanten n und n' der Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber zusammenfallend. Nach innen erfolgt der Anstoß der Expansionsschieber mit den Kanten q und q' (wir wollen sie innere Anstoßkanten der Expansionsschieber nennen und ihre Entfernung von der Mittellinie des Hauptschiebers in der gezeichneten Stellung mit l' bezeichnen) gegen den verstellbaren Daumen D. Die halbe Länge dieses Daumens für den Fall ganzer Füllung wird also im Minimum aus denselben Gründen wie oben

$$d_0 = l' - e$$

genommen werden. Wenn durch Drehung im passenden Sinn der Daumen verlängert wird und der Anstoß früher stattfindet, so kann hierdurch Expansion erzielt werden. Die hierzu nöthige Gestalt des Daumens wird unten mit dem Diagramm dieser Steuerung zu construiren gelehrt werden. Sie ist übrigens, wie sich ergeben wird, ganz die nämliche, wie in der 1. Steuerung Fig. 1, Taf. 17, und überhaupt gilt alles für diese letztere in Bezug auf Drehung des Daumens Gesagte auch hier.

Außen erfolgt der Anstoß der Expansionsschieber mit den Kanten v und v' (äußeren Anstoßkanten der Expansionsschieber) gegen die Anstoßkanten w und w' der Nasen N und N', die an den Wänden des Schieberkastens in unveränderlicher Weise befestigt sind. Bezeichnet man daher

die Entfernung der äußeren Anstoßkanten der Expansionsschieber in der in der Figur gezeichneten Lage derselben von der Mittellinie des Hauptschiebers mit l'' und die Entfernung der Anstoßkanten w und w' von der Mittellinie der Steuerung mit d', so muß

$$d' - l'' = e$$

sein, und da die Nasen N und N' unverändert bleiben, so ist am Beginn jedes Hubs des Hauptschiebers die Stellung des auf der betreffenden Seite befindlichen Expansionsschiebers allemal, d. h. für jeden Expansionsgrad, die in der Figur gezeichnete. Hierin liegt aber auch der Unterschied zwischen der in Rede stehenden und den oben behandelten Schleppschiebersteuerungen mit einem Expansionsschieber; in letzteren ist die linke Expansionskante des Expansionsschiebers z. B. in Folge der unmittelbar vorhergehenden Expansion auf der rechten Seite über die innere Kante der Oeffnung oben im Hauptschieber hereingetreten, wenn der Hub des Hauptschiebers von der Linken zur Rechten beginnt; der Anstoß an den Daumen erfolgt daher früher. Da sich aber aus der eben bezeichneten Stellung allemal zuerst die wieder herstellt, wo die Expansionskante des Expansionsschiebers über der inneren Kante der Einströmungsöffnung im Hauptschieber steht, bevor durch Ueberdeckung der Expansionskanten beider Schieber die Expansion beginnt, so ist schon jetzt einzusehen, daß in sämmtlichen dreien, bis jetzt beschriebenen Schleppschiebersteuerungen die Dampfvertheilung genau in gleicher Weise vor sich geht. Es verdient aber sicherlich, der größeren Einfachheit der Construction halber, die erstbeschriebene Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß vor der gegenwärtig in Rede stehenden wiederum den Vorzug.

Wir haben nun noch die Dimensionsverhältnisse der letztbeschriebenen Steuerung zu vervollständigen und zusammenzustellen. In Bezug hierauf ist aber zuvörderst zu bemerken, daß die Breite der oberen Einströmungsöffnungen k' bei der Größe derselben, wie sie in der Praxis nie überschritten wird, keinen Einfluß auf das Maximum der zu erreichenden Expansion mehr hat. Es kann folglich bei einer Oeffnung oben im Hauptschieber, dem Fall, wie er in der Figur 1, Taf. 18 angenommen ist, unbekümmert deren Breite k' gleich der der untern Oeffnung k gemacht werden. Bei zwei und mehr Oeffnungen oben im Hauptschieber (es wurde nicht für nothwendig gehalten, auch hiefür noch eine besondere Figur zu geben) reicht es aus, die Breite jeder derselben bez. gleich $\frac{k}{2}$, $\frac{k}{3}$ ..... zu nehmen. Die Breite der Oeffnungen im Expansionsschieber kann wieder gleich der der entsprechenden Oeffnungen im Hauptschieber genommen werden; die Stegbreite zwischen den Oeffnungen im Haupt- und Expansionsschieber muß, wie unten gezeigt werden wird, mindestens gleich $k + k'$ sein.

Hält man daher an den schon oben (S. 301) für die erste Steuerung aufgestellten Bedingungen 1 und 3 für die Dampfvertheilung auch hier fest, so ergeben sich, ausgehend von der Breite k der unteren Einströmungsöffnung, folgende Dimensionsverhältnisse für Fig. 1, Taf. 18 und die anderen, nicht besonders gezeichneten Fälle für mehrere Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber:

Aeußere Deckung $a = \frac{1}{3} k$,

Excentricität $e = a + k = \frac{4}{3} k$,

Breite der Einströmungsöffnungen oben im Haupt- und Expansionsschieber für 1 2 3

Oeffnungen oben im Hauptschieber:

$$k'' = k' = k, \quad \frac{k}{2}, \quad \frac{k}{3} \ldots\ldots$$

Stegbreite im Minimum:

$$s = k + k' = \quad \frac{3}{2} k, \quad \frac{4}{3} k \ldots\ldots$$

Zur Bestimmung der noch übrigen Dimensionen denkt man sich die Expansionsschieber, nachdem man die Lage der inneren und äußeren Anstoßkanten derselben willkürlich festgesetzt hat, so auf den Hauptschieber gelegt, daß ihre Expansionskanten über den entsprechenden inneren Kanten der Oeffnungen im Hauptschieber stehen, und bestimmt sodann die Entfernungen l' und l'' jener Anstoßkanten von der Mittellinie des Hauptschiebers. Aus denselben folgt dann die Minimallänge des Daumens

$$d_0 = l' - e$$

und die Entfernung der Anstoßkanten der Nasen von der Mittellinie des Hauptschiebers, mittlere Stellung desselben vorausgesetzt,

$$d' = l'' + e.$$

Für die oben beschriebenen Steuerungen mit Schleppschiebern sollen nun im Folgenden die, die Dampfvertheilung ergebenden Diagramme und mittelst derselben die Begründung der aufgestellten Dimensionsverhältnisse gegeben werden.

## III. Das Diagramm der Schleppschiebersteuerungen im Allgemeinen.

Das Diagramm der Schleppschiebersteuerungen besteht naturgemäß aus zwei Theilen: aus demjenigen, welcher die Dampfvertheilung unten durch den Hauptschieber giebt (Hauptschieberdiagramm) und aus dem, welcher die durch den Expansionsschieber hervorgebrachte Dampfvertheilung erkennen läßt (Expansionsschieberdiagramm). Das erstere weicht in der Form, wie es hier gebraucht werden soll, im Wesentlichen von dem bekannten Zeuner'schen Diagramme nicht ab. Wenn ich seine Construction trotzdem hier mit

einigen Worten beschreibe, so möge man das vor Allem dem Bestreben zu Gute halten, der vorliegenden Arbeit mehr Vollständigkeit zu geben; überdies wird vielleicht der geometrische Weg, den ich, statt des von Zeuner eingeschlagenen der Rechnung, zu seiner Ableitung benutze, wegen seiner großen Einfachheit und Klarheit einiges Interesse bieten.

Es stelle MM' (Fig. 2, Taf. 18) den in den oben beschriebenen Abbildungen der Steuerungen mit den nämlichen Buchstaben bezeichneten Hauptschieberspiegel dar; o sei die Einlaßkante des Hauptschiebers in ihrer mittleren Stellung, und zwar die linke, wenn wir, wie es fortan stets geschehen soll, blos die Vorgänge auf der linken Cylinderseite betrachten; om = om' sei die Excentricität e des Excenters, welches den Hauptschieber führt, m und m' also die beiden äußersten Links- und Rechtsstellungen der Einlaßkante. In diesen drei Stellungen m, o, m' der Einlaßkante hat das Excenter (d. h. die Verbindungslinie des Mittelpunkts desselben mit dem Drehungspunkt), wenn wir o zugleich als Drehungsaxe der Schwungradwelle betrachten, die Stellungen om, oz für den Hingang (d. h. für die Bewegung von links nach rechts, wenn die Drehrichtung der Schwungradwelle die durch den Pfeil angegebene ist), om' und endlich oz' für den Rückgang. Um für irgend eine Stellung x der Einlaßkante die zugehörige Excenterstellung zu erhalten, braucht man nur den vom Mittelpunkt des Excenters beschriebenen Kreis über mm' zu ziehen und in x auf mm' eine Senkrechte zu errichten, bis sie diesen Kreis in y, y' schneidet. Die Verbindungslinien oy, oy' geben die gesuchten Excenterstellungen, erstere für den Hin-, letztere für den Hergang, vorausgesetzt, daß man, wie es hier immer geschehen soll, die Excenterstange als unendlich lang betrachten kann. Fällt man von m (oder, wenn x rechts von o gelegen ist, von m') aus Senkrechte mu, mu' auf die Excenterstellungen oy, oy', so sind die Dreiecke mou und oxy, sowie mou' und oxy' congruent, und somit ou = ou' = ox. Die Spitzen der rechten Winkel u, u' für alle möglichen Excenterstellungen liegen aber in den Peripherien zweier über mo und om' beschriebenen Kreise, die wir Excenterkreise nennen wollen. Mittelst derselben erhält man nämlich die Excenterstellungen, welche zu einer gewissen Stellung x der Einlaßkante gehören, jetzt einfach dadurch, daß man einen derselben den linken oder rechten, je nachdem x links oder rechts von o gelegen ist, mit einem aus o mit dem Halbmesser ox beschriebenen Kreisbogen in u und u' durchschneidet und die Durchschnittspunkte mit o verbindet. Umgekehrt giebt für irgend eine Excenterstellung oy der Abschnitt ou derselben zwischen dem Drehungspunkt und dem Excenterkreis die Abweichung der Einlaßkante aus der Mitte und zwar nach links oder rechts, je nachdem er auf dem linken oder rechten Excenterkreis abgeschnitten worden, je nachdem also, wie natürlich, die Stellung oy links oder rechts von zz' gelegen ist. Ueberdies darf man nur mit dem Kreisbogen ux um o auf mm' herabschneiden, um die Stellung x der Kante selber zu erhalten.

Es sei oc = a die äußere Deckung und daher, wenn die Excentricität nicht größer als nothwendig genommen ist, cm' = k die untere Canalbreite. Die Einströmungsöffnung wird eben eröffnet, wenn die Einlaßkante beim Hingang bei c steht, die Excenterstellung also $oc_1$ ist. Für jede spätere zwischen $oc_1$ und $oc_1'$ gelegene Excenterstellung $ot_1$ giebt, wie sofort ersichtlich, der zwischen dem Excenter- und Deckungskreis $c_1cc_1'$ gelegene Abschnitt $t_1v_1$ jener Stellung die Canaleröffnung ($t_1v_1$ = tc). Bei der Excenterstellung $oc_1'$ wird die Einströmungsöffnung wieder geschlossen und bleibt es, bis das Excenter wieder über om bis $oc_1$ gelangt ist. — Für die Ausströmung hat man an die Stelle der Einlaßkante die Auslaßkante (g in Fig. 1—3, Taf. 17 und Fig. 1, Taf. 18) zu setzen. Ist daher die innere Deckung, wie oben angenommen, Null, so wird bei der Excenterstellung oz' auf dem Rückgang der Canal für die Ausströmung eröffnet, und ist, vorausgesetzt, daß ow = cm' = der Canalbreite $k_1$, bei der Stellung $ow_1'$ ganz geöffnet; er bleibt so, bis das Excenter bei $ow_1$ steht; von da ab schließt er sich allmälig, bis er bei oz wieder völlig geschlossen ist und es bleibt, bis das Excenter über om' nach oz' kommt. Bei vorhandener innerer Deckung müßte man diese links von o, wie vorhin die äußere oc rechts, auftragen und im Uebrigen ganz ähnlich verfahren, wie mit der äußeren Deckung.

Was nun die, zu den eben erörterten Excenterstellungen gehörigen Kurbel- und Kolbenstellungen betrifft, so kommt es darauf an, was für Bestimmungen man über die Eröffnung der Ein- und Ausströmungen für die Stellungen des Kolbens an den todten Punkten, kurz gesagt über die Voreïn- und Ausströmungen festsetzt, oder auch, welche Voreilung man dem Excenter giebt. Gesetzt z. B., es sei die Voreinströmung vorgeschrieben, so trägt man diese von c nach rechts hin als cs auf; dann muß der Kolben bei der Stellung s der Einlaßkante, also bei der Excenterstellung $os_1$, auf seinem todten Punkte links stehen. Die Vorausströmung ist, für die andere Seite, $os_1'$ = os; der Voreilungswinkel des Excenters gleich $zos_1$. Um nun die zu den einzelnen Excenterstellungen gehörigen Kurbel- und Kolbenstellungen erhalten zu können, ohne immer um den Winkel $mos_1$ zurückgehen zu müssen, denken wir uns die Kurbelstellung ein für allemal um diesen Winkel vorgelegt, indem wir uns die Cylinderaxe in die Richtung $s_1os_1'$ gebracht denken. Stellt dann der um o mit beliebigem Halbmesser oK = oK' beschriebene Kreis den Kurbelkreis vor, so ist KK' der Kolbenweg und zwar K die äußerste linke,

K' die äußerste rechte Stellung des Kolbens; ferner ist dann für irgend eine Excenterstellung $o t_1$ dieselbe Richtung zugleich die Kurbelstellung $o T_1$ und folglich, vorausgesetzt, daß man die Kolbenstange als unendlich lang betrachten kann, die Projection T von $T_1$ auf KK' die Kolbenstellung für den Hingang. So findet also, wie nun leicht zu sehen, für die Kolbenstellungen von K bis C' Dampfeinströmung, von C' bis Z' Expansion, von Z' bis K' Vorausströmung, von K' zurück bis Z Dampfausströmung, von Z bis C Compression und von C bis K Voreinströmung statt. Die Länge dieser verschiedenen Perioden in der Dampfvertheilung hängt, wie nebenbei bemerkt werden mag, lediglich von dem **Verhältniß** zwischen der äußeren Deckung, der Voreinströmung und der Excentricität ab, nicht von der absoluten Größe dieser Abmessungen.

---

Indem wir nun zu dem Diagramm für den Expansionsschieber übergehen, ist zuvörderst zu bemerken, daß es bei demselben im Wesentlichen nur auf die gegenseitige Stellung der Expansionskanten des Haupt- (m in Fig. 1 und 3, Taf. 17 und Fig. 1, Taf. 18, sodann m und $m_1$ in Fig. 2, Taf. 17) und Expansionsschiebers (p in den Fig. 1 und 3, Taf. 17 und Fig. 1, Taf. 18, sodann p und $p_1$ in Fig. 2, Taf. 17) ankommt. Was die ersteren betrifft, so dürfen wir sie in Fig. 2, Taf. 18 nur an die Stelle der Einlaßkante setzen, um sofort das Diagramm für ihre Bewegung zu erhalten; um jedoch jene Figur nicht zu complicirt zu machen, zeichnen wir in Fig. 3, Taf. 18 die für unseren jetzigen Zweck nothwendigen Linien, nämlich die Schieberspiegelrichtung MM', die beiden Excenterkreise über mo und om', den Deckungskreis $c_1 c c_1'$ und die Cylinderaxe KK' mit dem darüber beschriebenen Kurbelkreis nochmals heraus.

Die Expansionskanten des Expansionsschiebers bewegen sich in derjenigen unveränderten Lage gegen die des Hauptschiebers, welche sie durch den letzten Anstoß des Expansionsschiebers erhalten haben, mit dem Hauptschieber so lange fort, bis der Expansionsschieber wieder anstößt und sie dadurch zum Stillstand bringt. Durch die fortgesetzte Bewegung des Hauptschiebers wird dann eine neue gegenseitige Stellung der Expansionskanten im Haupt- und Expansionsschieber erzeugt, die von dem Augenblick an, wo sich der Expansionsschieber wieder anfängt zu bewegen, bis zu seinem nächsten Anstoß unverändert beibehalten wird rc. rc. Von wesentlicher Bedeutung für die Dampfvertheilung sind also hauptsächlich nur die durch die Anstöße hervorgebrachten fixen Stellungen der Expansionskanten des Expansionsschiebers. Wenn wir uns zunächst nur an diese an sich halten, ohne zu berücksichtigen, wie sie durch die verschiedenen Arten des Anstoßens bei den verschiedenen Schleppschiebersteuerungen erzielt werden, so haben wir den Vortheil, daß wir ein für alle Schleppschiebersteuerungen gültiges allgemeines Diagramm erhalten, aus dem wir allgemeine Principien ableiten und auf die verschiedenen speciellen Fälle anwenden können. Der Kürze halber verstehen wir dabei unter den Ausdrücken Links- und Rechtsstellungen der (linken) Expansionskante des Expansionsschiebers diejenigen fixen Stellungen, die sie erhält, wenn dieser Schieber auf seinem Wege von rechts nach links, bez. von links nach rechts anstößt.

Es seien also o, m und m', Fig. 3, Taf. 18, die mittleren und äußeren Stellungen der oder irgend einer der Expansionskanten des Hauptschiebers, wenn deren mehrere, also mehrere Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber, vorhanden sind, und zwar der linken, wenn wir fortgesetzt nur die Vorgänge auf der linken Cylinderseite in Betracht ziehen. Wir gehen von der äußersten linken Stellung m aus. Bevor die Expansionskante in diese Stellung gelangte, war der Expansionsschieber angestoßen, und es hatte dadurch seine Expansionskante die Linksstellung p erhalten; die Expansionskante des Hauptschiebers war hierauf über p vorgegangen, um den Einströmungscanal oben wieder zu eröffnen, bis sie in ihrer äußersten Linksstellung m die Entfernung pm einnahm. Wenn $mn = k'$ die Breite der, oder einer der oberen Einströmungsöffnungen im Hauptschieber bezeichnet, so ist n die innere Kante dieser Oeffnung in der äußersten Linksstellung, der Canal also nicht blos ganz offen, sondern dessen innere Kante sogar noch um pn über die Expansionskante des Expansionsschiebers vorgezogen.

Bei dem nun erfolgenden Hingange des Hauptschiebers behalten obige drei Kanten ihre gegenseitigen Stellungen m, n, p so lange bei, bis der Expansionsschieber anstößt und dadurch die Expansionskante desselben die Rechtsstellung p' erhält. In diesem Augenblick steht die Expansionskante des Hauptschiebers in g ($p'g = mp$), das Excenter also in $o g_1$. Von da ab nähert sich die Expansionskante des Hauptschiebers derjenigen des Expansionsschiebers, und wenn sie ihr bis auf die Entfernung $k' = mn = p'h$ nahe gekommen ist, so hat die obere Einströmungsöffnung eben noch ihre volle Breite. Es entspricht dem die Excenterstellung $o h_1$. Von da weiter verengt sich der Einströmungscanal oben und schließt sich ganz, wenn die Expansionskante des Hauptschiebers eben unter der Expansionskante p' des Expansionsschiebers weggeht, also bei der Excenterstellung $o p_1$. In diesem Augenblicke also beginnt die Expansion. Die, der Excenterstellung $o p_1$ entsprechende Kolbenstellung ist P; $\frac{KK'}{KP}$ ist also der Expansionsgrad, der bei der angenommenen Stellung der Expansionsvorrichtung stattfindet. Umgekehrt erhält man aus einem gegebenen Expansionsgrade n die Kolbenstellung P mittelst $KP =$

$\frac{KK'}{n}$; aus dieser die Kurbel- und Excenterstellung $op_1P_1$ und hieraus mittelst des Kreisbogens $p_1p'$ die zugehörige Rechtsstellung der Expansionskante des Expansionsschiebers. Die entsprechende Linksstellung hängt von der Art der Steuerung ab und kann erst später gefunden werden.

Zwischen den Excenterstellungen $oh_1$ und $op_1$ giebt für irgend eine andere, $oi_1$, und die ihr entsprechende Stellung i der Expansionskante des Hauptschiebers ip' die Eröffnung des oberen Einströmungscanals. Da aber, wie leicht ersichtlich, $ip' = i_1z$, so folgt:

Von der Excenterstellung $oh_1$ (Fig. 3, Taf. 18) an, wo die Verengung des obern Canals beginnt, bis zu der $op_1$, wo sich derselbe schließt, ist für jede Excenter- oder Kurbelstellung die Eröffnung dieses Canals gleich demjenigen Abschnitt der Kurbelstellung, welcher zwischen dem Excenterkreis und dem um o mit op' beschriebenen, kurz Expansionskreis genannten, Kreise liegt. Für jede Excenterstellung vor $oh_1$ ist die Canaleröffnung oben constant gleich k' und kann deshalb als der zwischen dem Kreise um o mit oh und dem Expansionskreise gelegenen Abschnitt der Kurbelstellung genommen werden.

Die Canaleröffnung oben ist selbstverständlich einfach, doppelt, dreifach ꝛc. zu zählen, je nachdem der Hauptschieber oben jederseits eine, zwei, drei ꝛc. Oeffnungen hat.

Für die beliebige Excenterstellung $oi_1$, für welche $i_1z$ die Canaleröffnung oben giebt, ist bekanntlich das zwischen dem Deckungs- und Excenterkreis gelegene Stück $i_1y$ der Kurbelstellung die Canaleröffnung unten. Von beiden Eröffnungen ist natürlich immer nur die kleinere für die Dampfeinströmung maaßgebend; dies ist aber anfangs die untere, später die obere. Das Maximum der Eröffnung überhaupt findet also statt, wenn die Eröffnung unten gleich der oberen geworden ist, wobei man nicht vergessen muß, die Oeffnung oben doppelt, dreifach ꝛc. zu zählen, wenn der Hauptschieber oben jederseits 2, 3 ꝛc. Oeffnungen hat.

Für 1 Oeffnung im Hauptschieber findet also das Maximum der Dampferöffnung für diejenige Kurbelstellung $oi_1$ statt, für welche die Eröffnung unten $yi_1$ gleich der oben $i_1z$ wird, sodaß also die Stellung i in der Mitte zwischen p' und c liegt. Die entsprechende Kolbenstellung J ist leicht zu finden. Das Maximum der Eröffnung selbst ist offenbar gleich $\frac{1}{2}$ cp'.

Wenn 2 Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber sind, so tritt das Maximum der Eröffnung erst ein, wenn die untere Eröffnung doppelt so groß als eine der oberen ist, für diejenige Excenterstellung $or_1$ also, für welche cr doppelt so groß als rp', dies letztere also gleich $\frac{1}{3}$ cp' ist. Die entsprechende Kolbenstellung ist R und das Maximum selbst gleich $\frac{2}{3}$ cp'. Es folgt hieraus der allgemeine Satz:

Man findet die, dem Maximum der Einströmung entsprechende Excenter-Kurbel- und Kolbenstellung bei bez. 1, 2, 3 ꝛc. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber, wenn man die Entfernung cp' (Fig. 3, Taf. 18) der betreffenden Rechtsstellung p' der Expansionskante des Expansionsschiebers für den bestehenden Expansionsgrad von dem Ende c der äußeren Deckung in bez. 2, 3, 4 ꝛc. Theile theilt, und den letzten gegen die Rechtsstellung hin gelegenen Theilungspunkt als Stellung der Expansionskante des Hauptschiebers nimmt, aus der dann die Stellungen des Excenters, der Kurbel und des Kolbens leicht folgen. Das Maximum der Eröffnung selbst ist beziehlich $^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$ ꝛc. jener Entfernung cp' der Rechtsstellung von dem Ende der äußeren Deckung, unter sonst ganz gleichen Umständen also um so größer, je mehr Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber angebracht sind.

Umgekehrt ist es aber auch möglich, die Dimensionen der Steuerung zu finden, wenn für einen gewissen Expansionsgrad n eine bestimmte Maximaleröffnung b vorgeschrieben ist. Man zeichnet sich nämlich die Excentricität om = om', die äußere Deckung oc, die Excenterkreise und den Kurbelkreis nach einem beliebigen Maaßstabe, aber in richtigem Verhältniß auf. Man sucht dann die dem Expansionsgrad n entsprechende Kolbenstellung P und aus dieser die Kurbel- und Excenterstellung $op_1P_1$ und die Rechtsstellung p' der Expansionskante des Expansionsschiebers. Je nachdem man dann 1, 2, 3 ꝛc. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber wählt, setzt man $^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$ ꝛc. von cp' gleich b und vergrößert oder verkleinert in dem hierdurch gegebenen Verhältniß den Maaßstab der ganzen Figur.

Nachdem die Expansionskante des Hauptschiebers bei p' unter der des Expansionsschiebers weggegangen ist, geht sie noch weiter rechts hinaus bis m'. Darauf beginnt der Rückgang, und auf diesem wird der Expansionsschieber von dem Hauptschieber zunächst wieder mitgenommen, es behalten also die beiden Expansionskanten ihre gegenseitige Lage p', m' unverändert so lange bei, bis der Expansionsschieber anstößt, seine Expansionskante also die Linksstellung p wieder einnimmt. Die diesem Moment entsprechende Excenterstellung ist leicht zu finden, aber von geringer Bedeutung. Wichtiger ist der Moment, wo die Expansionskante des Hauptschiebers unter der des Expansionsschiebers,

p, wieder vorgeht, der Canal oben also wieder eröffnet wird; es ist dies offenbar der Fall bei der Excenterstellung $op_1'$. Im Falle unserer Figur ist in diesem Augenblick der Canal unten für die Einströmung schon um cp, seit der Excenterstellung $oc_1$, geschlossen. Und so muß es auch immer sein: der Canal oben darf nicht eher eröffnet werden, als bis der unten für die Einströmung geschlossen ist, was, wie sofort ersichtlich, nur der Fall ist, wenn der Punkt p immer links von c liegt. Daraus folgt der wichtige Satz:

Alle Linksstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers müssen links von c (Fig. 3, Taf. 18), dem Ende der äußeren Deckung, fallen.

Was die Rechtsstellungen derselben Kante betrifft, so ersieht man zunächst, daß ihre äußerste Grenze nach links hin ebenfalls c ist. Denn in diesem Falle wird die obere Oeffnung bereits geschlossen, wenn die untere eben eröffnet wird, es findet also keine Füllung mehr statt. Eine weiter nach links gelegene Lage der Rechtsstellung wäre zwar an sich nicht schädlich, aber doch überflüssig.

Alle Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers sollen rechts von c (Fig. 3, Taf. 18), dem Ende der äußeren Deckung, fallen.

Je weiter nach rechts die Rechtsstellung von c aus rückt, desto größer wird die Füllung, desto geringer die Expansion. Den größten Füllungsgrad bei noch stattfindender Expansion erreicht man, wenn die Rechtsstellung nach m' fällt. In diesem Falle kann die Expansionskante des Hauptschiebers die des Expansionsschiebers eben noch erreichen und die obere Oeffnung schließen. Die vorhergehenden Eröffnungen oben liegen natürlich, wie bereits entwickelt, zwischen dem Excenterkreis über om' und dem Expansionskreis um o mit dem Halbmesser om'. Das Maximum der Eröffnung ist, da wir cm' immer gleich der Canalbreite k unten voraussetzen, für

1 2 3 ꝛc. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber gleich

$\frac{1}{2}k$, $\frac{2}{3}k$, $\frac{3}{4}k$ ꝛc., vorausgesetzt, daß die Breite einer jener oberen Oeffnungen k' mindestens gleich

$\frac{1}{2}k$, $\frac{1}{3}k$, $\frac{1}{4}k$ ꝛc. ist, was, wie wir später sehen werden, in der Praxis immer der Fall ist.

Die der Maximalfüllung bei noch stattfindender Expansion, oder dem geringsten Expansionsgrad, zugehörige Excenter- und Kurbelstellung ist die dem todten Punkte rechts des Schiebers entsprechende $om'N_1$; die daraus folgende Kolbenstellung also N, und daher jener niedrigste Expansionsgrad selbst gleich $\frac{KK'}{KN}$. Derselbe ist also lediglich durch das Verhältniß der Summe der äußeren Deckung und Voreinströmung, os, zur Excentricität e bedingt. Es wird, wie eine leichte Construction oder Rechnung zeigt, für

die Summe der äußeren Deckungen und Voreinströmung:

$$os = \frac{1}{2}e,\ \frac{2}{5}e,\ \frac{1}{3}e,\ \frac{1}{4}e,\ \frac{1}{5}e$$

der geringste Expansionsgrad:

$$= 4 \quad 3^1/_3 \quad 3 \quad 2^2/_3 \quad 2^1/_2.$$

Sobald die Rechtsstellung der Expansionskante des Expansionsschiebers rechts über m' hinaus, z. B. nach t rückt, so bleibt der obere Canal stets, im Minimum um m't, offen; es findet keine Expansion mehr, blos noch Verengung der Einströmungscanäle bei ganzer Füllung statt. Da aber eine solche Verengung nur nachtheilig wirkt, so thut man gut, von der Rechtsstellung m', vom niedrigsten Expansionsgrad, auf die für ganze Füllung gleich derart überzuspringen, daß der obere Einströmungscanal vollständig offen bleibt. Dies ist aber nur der Fall, wenn diese Rechtsstellung mindestens bis n', vorausgesetzt, daß m'n' gleich mn, der oberen Canalbreite k', genommen wurde, hinausfällt.

Die Rechtsstellung der Expansionskante des Expansionsschiebers für ganze Füllung soll mindestens um die Breite k' der Oeffnungen oben im Hauptschieber rechts vom rechtsseitigen todten Punkte m' der Expansionskante des Hauptschiebers liegen.

Nachdem wir nun im Vorhergehenden die allgemeinen Principien für die Schleppschiebersteuerungen aus dem allgemeinen Diagramme derselben aufgestellt haben, gehen wir zur näheren Betrachtung der einzelnen Arten dieser Steuerungen über.

## IV. Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß.

Bei derselben werden die Links- und Rechtsstellungen des Expansionsschiebers durch Anstoßen an einen beiderseits symmetrischen, verstellbaren Daumen hervorgebracht. Sie bedingen sich also gegenseitig, d. h. es entspricht jeder Linksstellung eine andere Rechtsstellung und umgekehrt, und zwar rückt bei einer Verstellung des Daumens die Linksstellung ebenso weit nach links oder rechts, als die Rechtsstellung bez. nach rechts oder links.

Um zuvörderst näheren Aufschluß über die verschiedenen maaßgebenden Dimensionen zu erhalten, denken wir uns den Expansionsschieber, wonöthig nach gänzlicher Entfernung

des Daumens, so auf den Hauptschieber gelegt, daß ihre Mitten sich decken, und daß folglich auch die Expansionskanten beider Schieber, sowie die übrigen Ränder der Oeffnungen beiderseits eine symmetrische Lage zu einander haben. Welches diese Lage sei, soll eben jetzt durch Bestimmung der maaßgebenden Dimensionen entwickelt werden.

Sei (Fig. 4, Taf. 18) $mo = om' = e$ die Excentricität des Excenters des Hauptschiebers; $oc = a$ die äußere Deckung, also $cm' = e - a = k$ die untere Canalbreite. Wenn wir vorläufig die Voreinströmung vernachlässigen, so ist $oc_1K$ die dem todten Punkt des Kolbens entsprechende Kurbelstellung und $KK'$ die Cylinderaxe. Man wird zwar nie ohne Voreinströmung arbeiten, aber diese bleibt doch immer ziemlich gering und kann die nachfolgenden Resultate nur wenig beeinflussen. Uebrigens werden wir, wo es nöthig erscheint, auf sie zurückkommen.

Wir betrachten o, m, m' wieder als die mittlere und äußeren Stellungen der, oder wenn mehrere Oeffnungen oben im Hauptschieber vorhanden sind, einer der linken Expansionskanten des Hauptschiebers und nehmen an, daß ihre halbe Entfernung von der ihr zugehörigen rechten, oder ihre Entfernung von der Mittellinie des Hauptschiebers $= x$ sei. Wenn wir, wie oben bereits gesagt, die beiden Schieber, mit ihren Mittellinien sich deckend, aufeinander legen und, nach entferntem Daumen, den Hauptschieber sich wie gewöhnlich bewegen lassen, so behalten beide Schieber ihre gegenseitige Lage unverändert bei, die Expansionskanten, auf die wir zunächst unser Augenmerk richten, bleiben also in unveränderter Entfernung von einander. Nun sind aber in Bezug auf die gegenseitige Lage dieser Kanten drei Fälle möglich. Entweder es liegt die Expansionskante des Expansionsschiebers rechts von der des Hauptschiebers (wir sprechen wieder blos von der linken Seite der Steuerung), eröffnet also die betreffende Oeffnung oben theilweise oder ganz; oder sie fällt mit jener Kante zusammen, oder endlich sie liegt links von ihr. In letzteren beiden Fällen ist natürlich die Oeffnung im Hauptschieber in der bezeichneten Lage geschlossen.

Die Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers seien in Fig. 4, Taf. 18, für obige drei Fälle und für die Bewegung der Schieber ohne Daumen beziehentlich $p$ und $p'$, $m$ und $m'$, $t$ und $t'$, wobei $mp = m'p'$, sowie $mt = m't'$ und daher $tt' = pp' = mm' = 2e$ ist. Wir können diese Stellungen die **äußersten Links-, bez. Rechtsstellungen** nennen, denn jeder Einfluß des Daumens durch Anstoß kann die Linksstellung nur nach rechts, die Rechtsstellung nur nach links hinüberrücken.

Nennen wir $z$ die Entfernung der beiden Expansionskanten in der in Rede stehenden Mittellage der beiden Schieber, und bezeichnen wir mit $l$, wie oben, die halbe Entfernung der beiden zusammengehörigen linken und rechten Expansionskanten des Expansionsschiebers, oder die halbe „äußere Länge" desselben, so ist offenbar

$$l = x \mp z,$$

wo das $-$ oder $+$Zeichen zu gelten hat, je nachdem die (linke) Expansionskante des Expansionsschiebers rechts oder links von der Expansionskante des Hauptschiebers fällt.

Wenn wir uns nun den Daumen in die Mitte gesetzt denken, so ist sofort klar, daß derselbe die Bewegung des Expansionsschiebers nur dann beeinflußt, wenn seine Länge eine gewisse Größe erreicht hat. Diese Länge, $d_0$, ist leicht zu finden. Denken wir uns die Anstoßkanten des Expansionsschiebers, deren halbe Entfernung wir mit $l'$ bezeichnet und die halbe **innere Länge** jenes Schiebers genannt haben, eben noch an den Enden des Schieberhubes an den Daumen anstoßen, so wird dadurch der Expansionsschieber eben noch unverändert in der Mittellage auf dem Rücken des Hauptschiebers liegen bleiben. Dazu gehört aber, daß zwischen dem Daumen und den Anstoßkanten des Expansionsschiebers mindestens ein Zwischenraum gleich dem Excenterhub $2e$ bleibt, sodaß also

$$d_0 = l' - e$$

wird. Sobald die Daumenlänge durch Verstellung vergrößert wird, gewinnt der Daumen Einfluß auf die Bewegung des Expansionsschiebers; für jede geringere Daumenlänge stößt der Expansionsschieber nicht mehr, oder höchstens nur dann an dem Daumen an, wenn er durch Zufälligkeiten aus der Mittellage gebracht wurde, und dann auch immer nur auf der einen Seite. Es geht dann also die Symmetrie beiderseits verloren, und wenn der Daumen sehr viel kürzer ist, so kann es kommen, daß auf der einen die Einströmungscanäle fortwährend ganz oder doch theilweise geschlossen bleiben. Es ist daher gerechtfertigt,

**das Minimum der Daumenlänge $d_0 = l' - e$ zu nehmen.**

Dieser Länge des Daumens entsprechen dann, wie schon gesagt, die äußersten Links- und Rechtsstellungen $p$ und $p'$ oder $m$ und $m'$ oder $t$ und $t'$ der Expansionskante des Expansionsschiebers. Sobald dann durch Verstellung des Daumens seine Länge vergrößert wird, etwa beiderseits um $\varDelta$, so rücken die Linksstellung um ebenso viel nach rechts, die Rechtsstellung um ebenso viel nach links, sodaß sie nun, entsprechend den obigen drei Fällen, die Lagen $p_1$ und $p_1'$, $m_1$ und $m_1'$, $t_1$ und $t_1'$ einnehmen, vorausgesetzt, daß die Längen $pp_1$, $p'p_1'$; $mm_1$, $m'm_1'$; $tt_1$, $t't_1'$ sämmtlich gleich $\varDelta$ sind.

**Von der Minimallänge aus gerechnet, sind die Längen des Daumens gleich den Entfernungen der zugehörigen Links- oder Rechtsstellung von der äußersten Links-, bez. Rechtsstellung.**

Nun findet sich aus einem gegebenen Expansionsgrade, 8 z. B., sehr leicht die zugehörige Kolbenstellung H, sowie die dieser entsprechende Kurbel- und Excenterstellung $o\,h_1\,H_1$ und die Rechtsstellung h. Die Entfernung hp' derselben von der äußersten Rechtsstellung p' giebt dann nach obigem Satz die Länge des Daumens, von der Minimallänge aus gerechnet, die derselbe bei der, jenem Expansionsgrade entsprechenden Stellung haben muß. Wenn man daher die Daumenstellungen für die verschiedenen zu gebrauchenden Expansionsgrade vorschreibt, so befähigt uns obiger Satz, die zugehörigen Daumenlängen, d. h. die Gestalt des Daumens zu finden, nachdem aus l' und c dessen Minimallänge und aus x und l' (s. oben) das z, gleich $mp = m'p'$, d. h. die äußersten Links- und Rechtsstellungen gefunden sind.

Aus dem vorigen Abschnitt ist erinnerlich, daß für alle diejenigen Rechtsstellungen, welche links von m' fallen, Expansion stattfindet. Wenn aber die äußerste Rechtsstellung schon in b oder gar schon links von b liegt,

> in dem Falle also, wo die (linke) Expansionskante des Expansionsschiebers in der Mittellage auf oder links von der Expansionskante des Expansionsschiebers liegt, wo folglich die äußere Länge des Expansionsschiebers gleich oder größer als die Entfernung der zugehörigen Expansionskanten des Hauptschiebers ist, kann die Maschine nur mit Expansion, niemals mit ganzer Füllung, arbeiten.

Wenden wir uns aber zunächst zu dem allgemeinen Fall, daß die Steuerung auch für ganze Füllung soll gebraucht werden können, so hat die halbe äußere Länge des Expansionsschiebers kleiner als x zu sein, die äußerste Linksstellung p also rechts von m zu fallen, und es handelt sich zunächst darum, die Differenz $x - l = z$ oder die Entfernung $mp = m'p'$ näher zu bestimmen.

Wenn durch Verstellung des Daumens von seiner Minimallänge aus die Links- und Rechtsstellungen von ihren äußersten Lagen p und p' nach einwärts rücken, so wird noch nicht sogleich Expansion erzielt. Erst wenn die Verlängerung des Daumens, immer von seiner Minimallänge aus gerechnet, p'm' beträgt, die Rechtsstellung also nach m' und die zugehörige Linksstellung nach g ($pg = p'm'$) fällt, ist der niedrigste Expansionsgrad erreicht. Alle Zwischenstellungen des Daumens haben nur eine abwechselnde Vergrößerung und Verkleinerung der Entfernung der beiden Expansionskanten zur Folge, und zwar hat die größere Entfernung mg derselben stets dann statt, wenn der Schieber am todten Punkte links steht, der untere Einströmungscanal also noch lange nicht geöffnet ist, während die kleinere Entfernung am todten Punkte rechts des Schiebers stattfindet, wenn also der untere Canal am weitesten offen und der Kolben, fast in der Mitte seines Hubes, beinahe seine größte Geschwindigkeit hat. Zwischen den beiden Expansionskanten muß aber aller einströmende Dampf durch. Jene Veränderungen ihrer Entfernung sind also mindestens zwecklos. Es hat aber auch einen Vortheil, für ganze Füllung nur die äußersten Links- und Rechtsstellungen, d. h. die Minimallänge des Daumens zu benutzen; denn in diesem Falle sind die beiden Entfernungen m'p' und pc die möglichst großen; einerseits ist also die Entfernung der Expansionskanten gerade dann, wenn es am nothwendigsten ist, die größtmöglichste, andererseits erinnert man sich, daß c die rechte Grenze für die Linksstellungen ist. In dem Intervalle pc müssen also alle Linksstellungen liegen, ja diejenigen, für welche Expansion stattfinden soll, sogar zwischen g und c. Je größer also pc ist, desto größer wird das Intervall, innerhalb dessen expandirt werden kann, und es ist daher gerechtfertigt, wenn wir die Regel aufstellen:

> Für ganze Füllung soll man nur die äußersten Links- und Rechtsstellungen, also die Minimallänge $d_0 = l' - c$ des Daumens verwenden.

Von der Entfernung z der Expansionskanten der beiden Schieber in deren Mittellage hängt dann also wesentlich die Dampfeinströmung für ganze Füllung ab. Diese Entfernung muß jedenfalls so groß gemacht werden, daß genügender Dampf zwischen den Expansionskanten durchkann. Nennen wir die bei gegebenem Kolbenquerschnitt und gegebener Länge der Einströmungscanäle hierzu erforderliche Breite b, so ist also, je nachdem 1, 2, 3 ꝛc. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber vorhanden sind, z bezüglich gleich b, $\frac{1}{2}$ b, $\frac{1}{3}$ b ꝛc. zu nehmen.

Was dann die Breite k' der Oeffnungen oben im Hauptschieber betrifft, so ist sofort ersichtlich, daß es gar keinen Zweck hätte, sie kleiner als z zu nehmen. Aber auch eine größere Breite als z wäre überflüssig. Denn dann wäre einmal, im Falle ganzer Füllung, also gerade dann, wo es am nothwendigsten ist, k' doch nicht ganz offen; bei Expansion aber ist nach Oben die Maximaleröffnung für den geringsten Expansions-, also höchsten Füllungsgrad, je nachdem 1, 2, 3 ꝛc. Oeffnungen oben vorhanden sind, gleich $\frac{1}{2}$ k, $\frac{2}{3}$ k, $\frac{3}{4}$ k ꝛc. im Ganzen, für jede einzelne Oeffnung oben also $\frac{1}{2}$ k, $\frac{1}{3}$ k, $\frac{1}{4}$ k ꝛc. Nur in dem Falle also, wo z bezüglich kleiner wäre als diese letzteren Größen, könnte eine Erweiterung der oberen Canalbreite über z hinaus bei Expansion noch wirksam werden. Da aber doch einerseits z schon so groß genommen werden muß, daß es für ganze Füllung, um so mehr also für Expansion, ausreicht, andererseits aber auch jene untere Grenze

für $z$ in der Praxis, wie sich später zeigen wird, gar nie erreicht zu werden braucht, so können wir die Regel aufstellen:

Man mache die Breite $k'$ der Oeffnungen oben im Hauptschieber gleich der Entfernung $z$ der Expansionskanten der beiden Schieber in ihrer Mittellage, also die äußere Länge des Expansionsschiebers gleich der Entfernung $2i$ der inneren Kanten der Oeffnnngen oben im Hauptschieber und wähle dann eben $k'$ oder $z$ so groß, wie es für die Dampfeinströmung bei ganzer Füllung erforderlich ist.

Für den Fall mehrerer Oeffnungen oben im Hauptschieber haben wir noch über die Breite $k''$ der Oeffnungen im Expansionsschieber zu sprechen. Betreffs dieser aber ist es leicht nachzuweisen, daß sie ohne Weiteres gleich der $k$ der Oeffnungen oben im Hauptschieber gemacht werden kann. Denn einerseits wäre es lediglich eine schädliche Verengung der Einströmung gerade in dem Falle ganzer Füllung, $k''$ kleiner als $k'$ zu nehmen, andererseits wäre eine größere Breite $k''$ als $k'$ gänzlich überflüssig. Für ganze Füllung ist dies für sich klar. Da ferner, wie oben schon auseinandergesetzt, die Maximaleröffnung jeder der einzelnen Oeffnungen im Hauptschieber oben für den niedersten Expansionsgrad, je nachdem 1, 2, 3 ꝛc. solcher Oeffnungen jederseits vorhanden sind, bezüglich gleich $\frac{1}{2}k$, $\frac{1}{3}k$, $\frac{1}{4}k$ ist und praktisch $k'$ diese untere Grenze nie erreicht, so steht schon bei diesem Expansionsgrad, selbst für $k'' = k'$, die äußere Kante der Oeffnung des Expansionsschiebers über der Expansionskante des Hauptschiebers (nach links hin) draußen, wäre es also völlig überflüssig, $k'' > k'$ zu nehmen. Daraus folgt also die Regel:

Die Breite $k''$ der Oeffnungen im Expansionsschieber ist gleich der Breite $k'$ der Oeffnungen oben im Hauptschieber zu nehmen.

Fassen wir, ehe wir weiter gehen, das Vorhergehende etwas zusammen, so folgt: Wenn man beide Schieber, Mittel auf Mittel, aufeinander legt, so müssen sich im Falle einer Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber und folglich gar keiner im Expansionsschieber die Expansionskante des Expansionsschiebers (hier seine äußerste) und die innere Kante der Oeffnung oben im Hauptschieber gerade decken. Im Falle mehrerer Oeffnungen im Hauptschieber müssen ebenfalls sämmtliche Expansionskanten des Expansionsschiebers mit den entsprechenden inneren Kanten der Oeffnungen im Hauptschieber, aber auch sämmtliche äußere Kanten der Canäle im Expansionsschieber mit den entsprechenden Expansionskanten der Canäle im Hauptschieber zusammenfallen, die gleichgroßen Oeffnungen also in beiden Schiebern genau übereinanderstehen (s. Fig. 5, Taf. 18, wo blos der obere Theil des Hauptschiebers und die linke Hälfte beider Schieber gezeichnet ist).

Im Fall mehrerer Oeffnungen im Hauptschieber handelt es sich aber auch um die Breite $s$ (Fig. 5, Taf. 18) der Stege zwischen den Oeffnungen im Haupt- und Expansionsschieber. Diese muß natürlich wenigstens so groß sein, daß selbst in dem Falle der größten Verschiebung beider Schieber übereinander aus ihrer Mittellage heraus niemals eine Oeffnung im Expansionsschieber über eine ihr nicht zugehörige Oeffnung im Hauptschieber zu stehen kommt; d. h. es darf $s$ nicht kleiner als die größte gegenseitige Verschiebung der in der Mittellage übereinander stehenden Kanten sein. Nun, die größte Verschiebung der Expansionskante des Expansionsschiebers gegen die innere Kante der entsprechenden Oeffnung oben im Hauptschieber, welche beide Kanten in der Mittellage beider Schieber übereinander stehen, ist offenbar die Entfernung $pc$ (Fig. 4, Taf. 18) der äußersten Linksstellung $p$ von der Grenze $c$, welche die Linksstellungen nach rechts hin nicht überschreiten dürfen, also gleich $c + a - z = c + a - k'$. Da aber die Verlängerung des Daumens, von der Minimallänge desselben aus gerechnet, wie leicht ersichtlich, $e$ nicht überschreiten kann (wo der Expansionsschieber ganz festgehalten bleibt, und also die gegenseitige Verschiebung beider Schieber gewiß die größte, $e$ zu beiden Seiten der Mittellage, ist), so ist die größte Entfernung, welche die Linksstellungen nach rechts hin von der äußersten Linksstellung erhalten können, auch durch $e$ gegeben. Daraus folgt:

Die Stegbreite zwischen den Oeffnungen im Haupt- und Expansionsschieber muß immer größer als $c + a - k'$ genommen werden; ist aber diese Größe selber größer als $e$, so reicht es schon aus, die Stegbreite größer als $e$ zu nehmen.

Es bleibt nun noch übrig, über die oberen Canalbreiten $k'$ selbst zu sprechen. Der erste Gedanke ist natürlich der, dieselben, je nachdem 1, 2, 3 ꝛc. Oeffnungen oben im Hauptschieber vorhanden sind, ebenso groß, oder halb, drittel ꝛc. so groß als die untere Oeffnung $k$ zu nehmen. Eine größere Breite wäre überflüssig, eine kleinere schädlich. Aber man hat dabei wohl zu bedenken, daß von der Breite $mp$ (Fig. 4, Taf. 18) der oberen Oeffnungen und von der Deckung $oc$ die Entfernung $pc$, innerhalb welcher sämmtliche Linksstellungen zu liegen haben, also die Expansionsgrenzen abhängen. Je größer einerseits $k' = mp = m'p'$ ist, desto kleiner wird, bei unveränderter Deckung, $pc = p'c'$, desto kleiner also auch $m'c'$. desto tiefer also rückt der Expansionsgrad, welcher der am weitesten rechts gelegenen Linksstellung $c$ entspricht, also der höchste zu

erreichende, herab. Je größer andererseits bei unverändertem $k' = mp$ die Deckung oc wird, desto größer wird $pc = p'c'$, desto größer also $m'c'$, desto höher rückt der höchste zu erreichende Expansionsgrad hinauf (der höchste ist erreicht, wenn c' selbst auf c fällt); desto größer aber wird auch der geringste erreichbare Expansionsgrad $\frac{KK'}{KN}$. Es könnte sich also wohl treffen, daß man aus Rücksicht auf gegebene Expansionsgrenzen gezwungen würde, die oberen Oeffnungen kleiner als die unteren, oder als die Hälfte, das Drittel rc. der letzteren zu nehmen, oder vielmehr, da dem Dampf immer der genügende Durchgang geboten sein muß, die unteren Oeffnungen größer als die oberen zu machen, und es ist deshalb nothwendig, daß wir den Einfluß der Expansionsgrenzen auf die Dimensionen der Steuerung etwas näher in's Auge fassen.

Sei zu dem Ende (Fig. 6, Taf. 18) $mo = om'$ wie gewöhnlich die Excentricität e und oc die äußere Deckung a; sei ferner das Maximum der Expansion, welches man erreichen will, durch die Kolbenstellung X, also durch die Rechtsstellung x gegeben. Wir wollen letztere, als die am weitesten nach links gelegene, die innerste Rechtsstellung nennen. Ihr kann, wie leicht zu sehen, die am weitesten nach rechts gelegene und deshalb ebenfalls innerste zu nennende Linksstellung c entsprechen. Aus diesen beiden zusammengehörigen Rechts- und Linksstellungen findet man aber die äußersten Rechts- und Linksstellungen, wenn man von ihnen aus, nach beiden Seiten hin gleichweit, bez. nach rechts und links hinausgeht, bis die Entfernung der beiden Stellungen gleich 2e wird, mit andern Worten, wenn man cx in v halbirt und $vp = vp' = e$ macht. m, p ist also die gegenseitige Lage der Expansionskanten beider Schieber in der Mittellage derselben, und die halbe äußere Länge l des Expansionsschiebers darf also höchstens um mp kleiner als die halbe Entfernung der beiden Expansionskanten des Hauptschiebers sein. Sobald mp größer wird, rückt wegen $p'x = pc$ die innerste Rechtsstellung nach rechts, wird also das Maximum der Expansion kleiner. Nun ist aber offenbar $mp = ov = a + \frac{1}{2}cx$, und es folgt also hieraus der Satz:

Wenn bei gegebener Excentricität e und Deckung a das durch die Rechtsstellung x (Fig. 6, Taf. 18) bestimmte Maximum der Expansion erreicht werden soll, so darf die Entfernung z der Expansionskanten beider Schieber in der Mittellage nicht größer als $a + \frac{1}{2}cx$ werden. Speciell in dem Fall, wo der allerhöchste Expansionsgrad (unendlich, bei der Füllung Null und Rechtsstellung c) erreicht werden soll, darf jene Entfernung nicht größer als a werden.

Wenn die Maschine auch mit ganzer Füllung arbeiten soll, so wird man nach einem früheren Satze die Breite der Oeffnungen oben im Haupt- und Expansionsschieber gleich jener Entfernung $z = a + \frac{1}{2}cx$ nehmen. In dem Falle jedoch, wo stets nur Expansion gebraucht wird, wo man vielleicht höchstens bis zu dem durch die Rechtsstellung i' bestimmten Expansionsgrad $\frac{KK'}{KJ}$ herabgeht, da kommt für die Dampfeinströmung, je nachdem 1, 2, 3 rc. Oeffnungen oben im Hauptschieber angebracht sind, immer nur höchstens $^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$ rc. von ci' in's Gesammte, also bei jeder einzelnen nur $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ von ci' in Gebrauch. Es reicht also aus, wenn die oberen Oeffnungen nur so breit sind; es reicht ferner, wie leicht zu sehen, aus, wenn die der Rechtsstellung i' entsprechende Linksstellung um $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ von ci' rechts von m, bei i z. B. liegt. Aus i und i' finden sich dann die äußersten Links- und Rechtsstellungen wie gewöhnlich, indem man von der Mitte w zwischen beiden Stellungen $e = wp_1 = wp_1'$ nach beiden Seiten hin austrägt, und hieraus ergiebt sich wieder die Entfernung $mp_1$ der Expansionskanten beider Schieber in der Mittellage. Man sieht daraus, daß $p_1$ immer über i hinaus nach links hin fällt, ja daß es selbst links vom m zu liegen kommen kann, daß also in dem Falle, wo die Steuerung nur für Expansion verwendet werden soll, in der Mittellage beider Schieber die linke Expansionskante des Expansionsschiebers auch über die innere Kante der Oeffnung oben im Hauptschieber, ja selbst über die Expansionskante dieses Schiebers (nach links) hinausfallen kann. Es wird jedoch in der Praxis von dieser Freiheit selten Gebrauch gemacht werden. Man wird in wenigen Fällen darauf verzichten, die Maschine, wenn auch nur im Falle der Noth, mit ganzer Füllung arbeiten lassen zu können.

Es ist nun leicht, aus den oben gepflogenen allgemeinen Erörterungen über den Einfluß der Expansionsgrenzen specielle Resultate betreffs der einzuhaltenden Dimensionen abzuleiten. Betrachten wir zu dem Ende zuerst den Fall:

1) **Einer** Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber, und gehen wir von dem Maximalfall aus, die Breite der oberen Oeffnung $k'$ = der der unteren, k, zu machen. Sei, wie gewöhnlich, Fig. 7, Taf. 18, $mo = om' = e$ die Excentricität, und $oc = a$ die Deckung, also $cm' = k$ die Breite der unteren und $mp = cm'$ die der oberen Oeffnung. p und p' sind dann die für ganze Füllung anzuwendenden äußersten Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers, vorausgesetzt, daß $m'p' = mp$; — c ist, wie bekannt, stets die innerste

Linksstellung, die ihr zugehörige innerste Rechtsstellung also c', wo $p'c' = pc$; letztere bestimmt aber den höchsten Expansionsgrad, der zu erreichen ist, hier $\frac{KK'}{KC}$. Derselbe wird offenbar um so kleiner, je kleiner oc ist; seinen kleinsten Werth, den er annehmen kann, wenn überhaupt noch Expansion möglich sein soll, erhält er, wenn c' auf m' fällt, wenn also $pc = p'm'$ und, da mp stets gleich cm' bleiben soll, wenn $mp = pc = cm' = m'p' = \frac{1}{4}(2e + k)$ und daher $mc = \frac{1}{2}(2e + k) = e + \frac{1}{2}k$ und $oc = a = \frac{1}{2}k = \frac{1}{3}e$ wird.

Wenn bei **einer** Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber, deren Breite gleich der der unteren sein soll, überhaupt noch Expansion erhalten werden will, so darf die Deckung nicht kleiner als ein Drittel der Excentricität werden.

Wenn andererseits das Maximum der Expansion den absolut höchsten Werth (unendlich, bei der Füllung Null) erreichen soll, so müssen nach obigen allgemeinen Entwickelungen die Breite der obern Oeffnung und die Deckung einander gleich werden. Wird also noch daran festgehalten, die Oeffnungen oben und unten gleich breit zu machen, so bleibt nichts übrig, als die Deckung ebenso groß, also $a = k = \frac{1}{2}e$ zu nehmen.

Wenn bei **einer** Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber, deren Breite gleich der der unteren sein soll, das Maximum der Expansion den absolut höchsten Werth, den für die Füllung Null, erreichen können soll, so muß die äußere Deckung gleich der halben Excentricität werden.

Nun giebt aber schon eine Deckung a gleich dem dritten Theil der Excentricität, unter Vernachlässigung der Voreinströmung, eine Compression gleich $\frac{1}{35}$ circa und eine Vorausströmung von $\frac{1}{2}k$, während mit der Expansion höchstens bis 3 (s. die kleine Tabelle auf S. 316) heruntergegangen werden kann. Es dürfte also wohl in den meisten Fällen eine kleinere Deckung wünschenswerth sein. Unter $\frac{1}{4}e = \frac{1}{3}k$ wird man aber mit derselben nicht wohl herabgehen dürfen; es wird dann, bei Vernachlässigung der Voreinströmung, die Vorausströmung gleich $\frac{1}{3}k$, mit Berücksichtigung jener noch etwas größer, und die Indicatorbeobachtungen haben allerwärts gezeigt, daß ein geringerer Werth der Vorausströmung nicht gut zulässig ist. Setzen wir also fest, die äußere Deckung gleich dem vierten Theil der Excentricität, $a = \frac{1}{4}e$, zu nehmen, so müssen wir darauf verzichten, die Breite der oberen Oeffnung, k', gleich der der unteren, k, zu machen; wir würden keine Expansion mehr erhalten. Wollte man aber nun die obere Oeffnung so klein nehmen, daß man das absolute Maximum der Expansion, die Füllung Null, erreichen könnte, so müßte noch Oben $k' = a = \frac{1}{3}k$, also das Verhältniß der Breiten der oberen und unteren Oeffnung 1 : 3 werden; es muß aber erstere schon die für die Einströmung nothwendige Größe haben; die Excentricität würde also im Verhältniß zur erforderlichen Breite der Einströmungsöffnung unverhältnißmäßig (4 mal so) groß. Dagegen wird man in der Praxis nicht wohl Expansionsgrade anwenden, die über 20 liegen; stellt man daher dies als Grenze fest, so liefert die entsprechende Kolbenstellung X (Fig. 7, Taf. 18) die zugehörige innerste Rechtsstellung x der Expansionskante des Expansionsschiebers, welcher die innerste Linksstellung $c_1$ für $oc_1 = \frac{1}{4}e$ entsprechen darf. Aus beiden findet man die äußersten Rechts- und Linksstellungen $p_1$ und $p_1'$ auf die oben schon gelehrte Weise, und daher die größte zulässige Breite der oberen Oeffnung gleich $mp_1$. Eine leichte Rechnung oder genaue Zeichnung liefert für das Verhältniß $mp_1 : cm'$ oder $k' : k$ den Werth 1 : 1,7. — Trägt man dem Umstande Rechnung, daß auch beim höchsten Expansionsgrad die obere Oeffnung nicht schon geöffnet werden soll, wenn die untere sich eben schließt, sondern daß die Kanten noch etwas überdeckt bleiben sollen, so kann man folgende Regel aufstellen:

Wenn bei **einer** Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber die Maschine mit ganzer Füllung sowohl, als auch mindestens mit dem Expansionsgrad 20 arbeiten können soll, so muß das Verhältniß der Breite der Einströmungsöffnungen oben im Hauptschieber zu der der untern gleich 4 : 7 sein.

Wir haben dabei die Voreinströmung vernachlässigt, dieselbe kommt aber, wie leicht ersichtlich, dem Maximum der Expansion nur zu gute.

2) **Zwei** Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber. Gehen wir hier ebenfalls von dem Maximalfall aus, daß die Breite k' jeder der oberen Oeffnungen gleich der Hälfte derjenigen der unteren Oeffnung wird, also (Fig. 8, Taf. 18) $mp = m'p' = \frac{1}{2}cm'$, so erhält man das Minimum der Deckung, für welche gerade noch der niedrigste Expansionsgrad, derjenige für die innerste Rechtsstellung m', erreicht wird, wenn $pc = m'p'$ also

$$e - \frac{1}{2}k + a = \frac{1}{2}k$$

oder
$$k = e + a$$

wird; da aber zu gleicher Zeit immer
$$k = e - a$$

ist, so folgt für das Minimum von a Null.

*Bei **zwei** Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber, deren jede die halbe Breite der unteren Oeffnung hat, erhält man, wenn man überhaupt nur Deckung nimmt, allemal Expansion.*

Je größer die Deckung genommen wird, desto höher fällt das Maximum der Expansion, und das absolute Maximum derselben für die Füllung Null wird erreicht, wenn $k' = \frac{1}{2}k = a$, also die Deckung $a = \frac{1}{3}e$ ist.

*Wenn bei **zwei** Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber, deren jede die halbe Breite der unteren Oeffnung hat, das absolute Maximum der Expansion erreicht werden soll können, so muß die Deckung mindestens gleich einem Drittel der Excentricität sein.*

Halten wir also auch hier wieder an dem Grundsatze fest, die Deckung oc (Fig. 8, Taf. 18) gleich $\frac{1}{4}e$ zu nehmen, so werden wir das absolute Maximum der Expansion zwar nicht erreichen können, aber das damit erreichbare Maximum, bestimmt durch die innerste Rechtsstellung c', welche dadurch erhalten wird, daß man $mp = m'p' = \frac{1}{2}cm' = \frac{1}{2}k$ und $p'c' = pc$ macht, ist schon $\frac{KK'}{KC}$ oder, wie eine leichte Rechnung oder genaue Construction zeigt, gleich 55, also weit über den in der Praxis gebrauchten.

*Bei **zwei** Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber kann die Breite k' jeder derselben immer gleich der halben Breite k der unteren Oeffnung gemacht werden; man erhält dabei zwar nicht das absolut höchste, aber doch ein Maximum für die Expansionen, welches weit über den in der Praxis angewendeten liegt.*

Es ist nun leicht ersichtlich, daß bei 3 und mehr Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber die Breite k' jeder derselben um so unbedenklicher gleich dem 3ten, 4ten rc. Theil der Breite der unteren Einströmungsöffnung gemacht werden darf.

---

In Fig. 1a, Taf. 17 ist nun das Diagramm der Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß, mit einer Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber vollständig gezeichnet; die Figuren 1b bis 1d geben die Canaleröffnungen, als Ordinaten aufgetragen, für verschiedene Expansionsgrade, und die Fig. 1e endlich zeigt die Gestalt des Daumens, durch dessen Drehung die verschiedenen Expansionsgrade hervorgebracht werden.

Die, durch Kolbenquerschnitt und Länge der Einströmungscanäle bedingte Breite der letzteren wurde zu 20 Millimeter angenommen. Ist sie in einem anderen gegebenen Fall größer oder kleiner, b Millimeter, zu nehmen, so darf man nur sämmtliche Maaße in dem Verhältniß 20:b vergrößern oder verkleinern. Unsern obigen Entwickelungen zufolge ist dann die Breite der oberen Einströmungscanäle im Haupt- und Expansionsschieber $k'' = k' = 20$ Millimeter, die der unteren aber $k = 20 \times \frac{7}{4} = 35$ Millimeter zu nehmen. Die Deckung a wählen wir aus den oben schon auseinander gesetzten Gründen gleich $\frac{1}{3}k = 11^{2}/_{3}$ Millimeter, und daher wird die Excentricität $e = a + k = 46^{2}/_{3}$ Millimeter. Es ist demnach in Fig. 1a $mo = om' = e = 46^{2}/_{3}$ Millimeter, ferner die Deckung $oc = 11^{2}/_{3}$ Millimeter und die obere Canalbreite $mp = m'p' = 20$ Millimeter gemacht; p und p' sind also zugleich die äußersten Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers, entsprechend der Minimallänge $d_0$ des Daumens. Der Kurbelkreis wurde über einen Durchmesser KK' von 100 Millimeter beschrieben, der Kolbenweg also jener Länge gleichgesetzt. Die Voreinströmung ci habe ich zu 2 Millimeter angenommen, $oi_1$ giebt folglich die Stellung der Kurbel am todten Punkt oder die Cylinderaxe KK'.

Aus den äußersten Links- und Rechtsstellungen p, p' der Expansionskante des Expansionsschiebers und aus der innersten Linksstellung c derselben erhält man die innerste Rechtsstellung c', indem man $p'c' = pc$ macht. Dieser letzteren Stellung entspricht die Excenter- und Kurbelstellung $oc_1'C_1$ und die Kolbenstellung C; $\frac{KK'}{KC} = 33$ ist also der höchste Expansionsgrad, der erreicht werden kann. Der niedrigste ist $\frac{KK'}{KN} = 3$.

Um zunächst den Daumen zu construiren, nehmen wir an, daß (Fig. 1e) o dessen Mittelpunkt oder, besser gesagt, dessen Drehungsaxe sei, und daß die Drehrichtungen oxx, ox, oviii, ovi, ov, oiv, oiii bezüglich den Expansionsgrad 20 (als den höchsten, der gebraucht werden soll), 10, 8, 6, 5, 4 und endlich 3 als den möglichst niedrigsten hervorbringen sollen. Diesen Expansionsgraden entsprechen in Fig. 1a die durch die Zeichen xx, x, viii vi, v, iv und N hervorgehobenen Kolbenstellungen für,

den Abschluß, aus denen man auf die bekannte Weise die Rechtsstellungen 20, 10, 8, 6, 5, 4, m' der Expansionskante des Expansionsschiebers erhält, welche dieser Kante für die genannten Expansionsgrade durch den Daumen gegeben werden müssen. Die Längen des Daumens, von der Minimallänge aus gerechnet, sind demnach gleich p'20, p'10, p'8, p'6, p'5, p'4, p'm'. Diese Längen hat man, nachdem die Minimallänge $d_0$ des Daumens entweder willkürlich angenommen, oder aus der inneren Länge l' des Expansionsschiebers und der Excentricität e ($d_0 = l' - e$) bestimmt und mit ihr der Kreis T um o (Fig. 1 e) beschrieben worden ist, von der Peripherie dieses Kreises aus auf die Drehrichtungen oxx, ox ꝛc. aufzutragen. Die erhaltenen Endpunkte, zu einer Curve verbunden, geben die Gestalt des Daumens auf der einen Seite; die andere ist symmetrisch dazu. Von der, dem Minimum der Expansion, 3, entsprechenden Stellung oIII des Daumens aus wird man, wenn man die blose Verengerung und Erweiterung der Canäle bei ganzer Füllung vermeiden will, sogleich auf eine solche Stellung oZ überspringen, wo die Minimallänge des Daumens zur Verwendung kommt, die oberen Canäle also fortwährend ganz offen bleiben. Zwischen diesen beiden Stellungen aber wird man die Daumencurve möglichst rasch abfallen machen, damit sie hier gar nicht zur Benutzung kommen kann.

Einen sehr klaren Einblick in die Dampfvertheilung erhält man, wenn man sich für verschiedene Kolbenwege, als Abscissen, die zugehörigen Canaleröffnungen als Ordinaten aufträgt. Es ist dies in den Figuren 1b bis 1d, Taf. 17 für die Expansionsgrade 20, 6 und 3 geschehen. Da die Construction bei jeder dieser drei Figuren die nämliche ist, so begnügen wir uns mit der Beschreibung der einen, 1c, für den Expansionsgrad 6. Am todten Punkte K des Kolbens ist, wie angenommen, die Canaleröffnung gleich der Voreinströmung 2 Millimeter, gleich Ka. Der Schluß der Einströmung findet statt bei der Kolbenstellung VI, nachdem der Kolben den Weg $KVI = \frac{1}{6} KK'$ (Fig. 1a und 1c) zurückgelegt hat. Dort ist folglich die Ordinate Null. Für das Maximum der Eröffnung der Einströmungscanäle muß die Expansionskante des Hauptschiebers in der Mitte zwischen c und 6 (Fig. 1a) stehen, in f, das Excenter und die Kurbel also in $of_1F_1$, der Kolben in F; das Maximum selbst ist gleich cf = 6f. Man trägt also in Fig. 1c die Kolbenstellung F ein, und macht die Ordinate an diesem Orte, Ff, gleich der Hälfte von c6 in Fig. 1a. Um nun noch die Ordinaten für zwischenliegende Kolbenstellungen, G und H z. B. in Fig. 1c, zu erhalten, von denen die eine vor, die andere nach dem Maximum der Eröffnung liegt, zeichnet man sich diese Kolbenstellungen in die Fig. 1a als G und H ein, construirt daraus die Excenter- und Kurbelstellungen $og_1G_1$, $oh_1H_1$. Für die Kolbenstellung vor dem Maximum, G, ist dann die Canaleröffnung unten, also der zwischen Deckungs- und Excenterkreis gelegene Abschnitt der Kurbelstellung, $yg_1$, giltig; für die nach dem Maximum, H, dagegen die Canaleröffnung oben, d. h. der zwischen dem Excenter- und Expansionskreis gelegene Abschnitt $h_1v$ der Kurbelstellung. Man hat also in Fig. 1c die in G und H errichteten Ordinaten Gg und Hh bezüglich gleich $yg_1$ und $h_1v$ in Fig. 1a zu machen.

Aus den Figuren 1b bis 1d erkennt man einen Mangel, den sämmtliche Schleppschiebersteuerungen mit einander gemein haben, nämlich den langsamen Verschluß der Einströmungsöffnung. In Folge dessen sinkt die Spannungscurve des Indicators schon eine ziemliche Strecke, bevor die Expansion eigentlich beginnt, herab; der Dampf wird gegen Schluß der Einströmungsperiode bedeutend gedrosselt.

---

Die Fig. 2a, Taf. 17, giebt das vollständige Diagramm der Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß mit zwei Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber; die Figuren 2b bis 2d zeigen die Canaleröffnungen für die Expansionsgrade 20, 6, 3 in diesem Fall. Die zur genügenden Dampfeinströmung erforderliche Breite der Einströmungscanäle wurde wieder zu 20 Millimeter angenommen; jede der oberen Oeffnungen im Haupt- und Expansionsschieber also 10, die untere 20 Millimeter breit gemacht, und die Deckung wiederum gleich $\frac{1}{3} k = 6^2/_3$ Millimeter, die Excentricität also gleich $26^2/_3$ Millimeter gewählt. Es ist folglich in Fig. 2a die Excentricität $mo = om' = 26^2/_3$ Millimeter, die Deckung $oc = 6^2/_3$ Millimeter; ferner $mp = m'p' = 10$ Millimeter die Breite der oberen Einströmungsöffnungen; p und p' sind zugleich die äußersten Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers, entsprechend der Minimallänge $d_0$ des Daumens. Der Kurbelkreis wurde wieder über einem Durchmesser von 100 Millimeter beschrieben, die Voreinströmung ci aber hier nur gleich 1 Millimeter angenommen. Aus letzterer folgt die Stellung der Kurbel am todten Punkt oder die Cylinderaxe KK'.

Aus den äußersten Links- und Rechtsstellungen p und p' der Expansionskante des Expansionsschiebers und aus der innersten Linksstellung c derselben folgt wieder die innerste Rechtsstellung c' (aus p'c' = pc) und die ihr entsprechende Kurbel- und Excenterstellung $oc_1'C_1$, sowie die Kolbenstellung C und damit der höchste zu erreichende Expansionsgrad $\frac{KK'}{KC} = 70$ circa. Der niederste ist wieder $\frac{KK'}{KN} = 3$ ungefähr.

Die Gestalt des Daumens folgt aus den, den Expansionsgraden 20 (als dem höchsten zu gebrauchenden), 10, 8, 6, 5, 4, 3 entsprechenden Rechtsstellungen 20, 10, 8, 6, 5, 4 und m' der Expansionskante des Expansionsschiebers genau so wie in dem vorigen Fall; sie ist in Fig. 1e punktirt eingezeichnet. — Auch die Construction der Figuren 2b bis 2d ist ganz ähnlich der der Figuren 1b bis 1d. Nur hat man zu beachten, daß in unserem jetzigen Fall die obere Eröffnung immer doppelt zu zählen ist. Für den Expansionsgrad 6 z. B. tritt also das Maximum der Eröffnung ein, wenn die Expansionskante des Hauptschiebers nach f (Fig. 2a), wo cf doppelt so groß als f6 ist, die Kurbel folglich nach $of_1F_1$ und der Kolben nach F gekommen ist; das Maximum selbst wird gleich cf oder das Doppelte von f6. Man trägt also in Fig. 2c KF gleich dem KF in Fig. 2a auf, und macht die Ordinate Ff gleich $cf = 2 \times f6$ gleich $\frac{2}{3}$ c6. Um die Canaleröffnungen für die Kolbenstellungen G und H (Fig. 2c) vor und nach dem Maximum zu erhalten, zeichnet man sich diese Kolbenstellungen, als G und H, in Fig. 2a ein, und construirt daraus die Kurbelstellungen $og_1G_1$ und $oh_1H_1$. Für die vor dem Maximum gilt dann wieder die untere Canaleröffnung $yg_1$, für die nach dem Maximum die obere $h_1v$, die aber doppelt zu nehmen ist. Es sind also die Ordinaten Gg und Hh in Fig. 2c bezüglich gleich $yg_1$ und $2 \times h_1v$ in Fig. 2a zu machen.

Bei der Vergleichung der Figuren 2b bis 2d mit denen 1b bis 1d könnte es zunächst auffallen, daß die Ordinaten in ersteren, trotzdem daß zwei Oeffnungen oben vorhanden sind, kleiner als in letzteren ausfallen. Aber man hat dabei nicht zu vergessen, daß wir in dem gegenwärtigen Fall die Excentricität kleiner machen konnten als vorhin. Wäre in Fig. 2a die Excentricität ebenso groß als in Fig. 1a genommen worden, so wären die Maximalordinaten in Fig. 2b bis 2d auch richtig $1\frac{1}{2}$mal so groß ausgefallen, als in den Figuren 1b bis 1d. — Aber noch ein anderer Punkt tritt bei der Vergleichung der Figuren 2b bis 2d mit denen 1b bis 1d hervor. Man sieht nämlich, wie das Maximum der Eröffnung bei jenen etwas später fällt und der Schluß dagegen rascher vor sich geht, als bei diesen. Wenn also mehrere Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber gemacht werden, so wird dadurch der oben gerügte Mangel der Schleppschiebersteuerungen etwas gemindert.

## V. Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und äußerem Anstoß.

Es läßt sich sehr leicht einsehen, daß auch bei dieser Steuerung die Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers von einander abhängen und zwar ganz in der nämlichen Weise wie bei der im vorigen Abschnitt behandelten. Alles, was daher dort über Anordnung der Schieber, über Expansionsgrenzen und Dimensionen der Einströmungsöffnungen gesagt wurde, hat auch hier Giltigkeit. Die einzige Abänderung, welche einzutreten hat, ist die, daß man unter der inneren Länge 2l' des Expansionsschiebers jetzt die Entfernung der beiden Anstoßkanten p und p' (Fig. 3, Taf. 17) und unter der (ganzen) Daumenlänge 2d die Entfernung der beiden Anstoßkanten u und u' der Daumen D und D' auf beiden Seiten versteht. Für ganze Füllung, wo der Expansionsschieber in der (in Fig. 3 gezeichneten) Mittellage auf dem Hauptschieber liegen bleiben soll, hat man die halbe Entfernung $d_0$ der Anstoßkanten u und u' mindestens gleich l' + e zu nehmen, aber auch nicht größer, aus denselben Gründen, wie im vorigen Abschnitt die halbe Daumlänge $d_0$ nicht kleiner als l' — e. Wir nennen deshalb passend hier jenes $d_0$ die Maximalentfernung der Daumen. Aus ihr finden sich dann die zu bestimmten Expansionsgraden gehörenden Verkleinerungen dieser Entfernung oder die Strecken, um welche die Daumen hereingerückt werden müssen, als die Entfernungen der für bestimmte Expansionsgrade 20, 10, 8, 6 etc. nothwendigen Rechtsstellungen 20, 10, 8, 6 etc. (Fig. 1a oder 2a, Taf. 17) der Expansionskante des Expansionsschiebers von der äußersten Rechtsstellung p' dieser Kante.

## VI. Schleppschiebersteuerung mit zwei Expansionsschiebern.

Da bei dieser Steuerung die Anstöße, durch welche die Links- und Rechtsstellungen der Expansionskante des Expansionsschiebers hervorgebracht werden, von einander unabhängig, der eine außen, der andere innen, stattfinden, so unterscheidet sie sich von den bisher behandelten vor Allem dadurch, daß die Links- und Rechtsstellungen sich nicht mehr gegenseitig bedingen. Unserer Annahme im II. Abschnitt zufolge geschieht der äußere Anstoß in unveränderlicher Weise, es giebt also für alle Expansionsgrade nur eine einzige Linksstellung. Die Rechtsstellungen dagegen rücken wieder um so weiter nach rechts, je kürzer, und um so weiter nach links, je länger der Daumen wird, genau in derselben Weise wie bei den schon behandelten Steuerungen.

Es sei mo = om' (Fig. 9, Taf. 18) die Excentricität, oc die äußere Deckung des Hauptschiebers; dann geht aus den allgemeinen Untersuchungen im IIIten Abschnitt vor Allem hervor, daß die Linksstellung der Expansionskante des Expansionsschiebers nicht rechts von c fallen darf.

Wenn ferner mp die Breite des oberen oder eines der oberen Canäle im Hauptschieber bedeutet, so ist leicht ersichtlich, daß jene Linksstellung nicht links von p fallen soll.

Denn es kann durch den Anstoß rechts jener Canal nur verengt, nie erweitert werden; es ist daher nothwendig, zumal wenn die Maschine auch mit ganzer Füllung arbeiten können soll, daß er von vornherein schon ganz offen ist. Ferner ist ebenso wie bei den schon behandelten Steuerungen, leicht einzusehen, daß es ganz zwecklos wäre, die Linksstellung rechts von p fallen zu lassen. Wir stellen daher die Regel auf:

Wenn der Hauptschieber an seinem todten Punkte links steht, so soll die Linksstellung der Expansionskante des (linken) Expansionsschiebers mit der zugehörigen inneren Kante der Oeffnung oben im Hauptschieber zusammenfallen.

Ganz ähnlich wie oben für die vorigen Steuerungen läßt sich nachweisen, daß es überflüssig wäre, die Breite der Oeffnungen im Expansionsschieber, wenn solche nothwendig sind, größer als die im Hauptschieber zu nehmen, während eine geringere Breite nur schädlich werden könnte.

In der Stellung des Hauptschiebers an seinem todten Punkte links, muß, im Falle der Hauptschieber blos Eine Oeffnung oben hat, die Expansionskante des Expansionsschiebers mit der inneren Kante der oberen Oeffnung des Hauptschiebers zusammenfallen, im Falle von 2 und mehr Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber müssen bei jener Stellung desselben die Oeffnungen des Expansionsschiebers genau über seinen oberen Oeffnungen stehen. Da bei dieser Stellung der beiden Schieber der Anstoß außen bereits erfolgt sein muß, so ergiebt sich daraus leicht die Anordnung der diesen Anstoß veranlassenden Anstoßkanten.

Was die Breite der Oeffnungen oben im Hauptschieber selbst betrifft, so ist es überflüssig, sie zusammengenommen größer als die der unteren Oeffnung, k, zu nehmen; es ist aber auch kein Grund vorhanden, sie kleiner als diese (oder besser gesagt, diese größer als jene) zu machen, selbst nicht bei nur einer Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber. Denn 1) ist die untere Canalbreite $k = cm'$ (Fig. 9, Taf. 18) $= e - a$ also immer kleiner als $mc = e + a$, sodaß nicht zu befürchten ist, daß die Linksstellung p jemals rechts von c fallen sollte, und 2) sind die Rechtsstellungen und folglich die Expansionsgrenzen von den Linksstellungen gänzlich unabhängig. Hieraus folgt die Regel:

Die Breite der Oeffnungen oben im Hauptschieber kann, je nachdem deren 1, 2, 3 2c. jederseits vorhanden sind, immer 1, $^1/_2$, $^1/_3$ 2c. mal so groß als die des unteren Einströmungscanals, k, genommen werden.

Von den Rechtsstellungen hängt der Expansionsgrad ab. Wenn mit ganzer Füllung gearbeitet werden soll, so darf der Canal oben gar nicht verengt werden, der Anstoß darf also erst am todten Punkte rechts erfolgen, sodaß (Fig. 9, Taf. 18) die der ganzen Füllung entsprechende äußerste Rechtsstellung p' ($m'p' = mp$) ist. Es ist wieder gut, wenn der Anstoß hier wirklich erfolgt, damit nicht durch zufällige Verschiebungen die Schieber aus der richtigen Lage gebracht werden. Zu diesem Behufe darf aber der Spielraum zwischen dem Daumen und der inneren Anstoßkante des Expansionsschiebers nicht größer als 2e, der Excenterhub, werden. Hieraus bestimmt sich die Minimallänge des Daumens, die auch hier wieder stets für ganze Füllung gebraucht werden soll; zugleich sieht man leicht, daß dabei der Expansionsschieber auch außen nur eben erst am todten Punkt des Hauptschiebers anstößt. Es ergiebt sich folglich folgende sehr einfache Regel zur Bestimmung der Anordnung sämmtlicher Anstoßkanten und des Daumens:

Man lege die Expansionsschieber so auf den Hauptschieber, daß ihre Expansionskanten gerade über die inneren Kanten der Oeffnungen oben in diesem Schieber zu stehen kommen, und rücke den Hauptschieber selbst in die Mitte; dann muß sowohl die Entfernung der äußeren Anstoßkanten der Expansionsschieber von den Anstoßkanten der Nasen, als auch die Entfernung der inneren Anstoßkanten jener Schieber von den Kanten des Daumens in seiner Minimallänge gleich e, der Excentricität, sein. Bezeichnen daher d', l' und l'' bezüglich die Entfernungen der Anstoßkanten der Nasen, sowie die der inneren und äußeren Anstoßkanten der Expansionsschieber von der Mittellinie der Steuerung in der oben bezeichneten Lage der beiden Schieber und $d_0$ die Minimallänge des Daumens, so muß

$$d' - l'' = e$$

und

$$l' - d_0 = e$$

sein.

Wenn die Länge des Daumens durch Drehung desselben vergrößert wird, so rücken die Rechtsstellungen nach links. Expansion tritt aber erst dann ein, wenn die Rechtsstellung nach m' fällt, entsprechend der Daumenlänge $d_0 + m'p'$. Die zwischen $d_0$ und $d_0 + m'p'$ liegenden Daumenlängen wird man vermeiden, wenn man die Canäle nicht blos verengen und erweitern lassen will.

Je weiter die Rechtsstellung der Expansionskante des Expansionsschiebers links von m' fällt, desto größer wird die Expansion, und es ist hier kein Hinderniß vorhanden, mit der Rechtsstellung bis c, d. h. bis zum absoluten

Maximum der Expansion, bei der Füllung Null, vorzugehen; es wäre aber gänzlich überflüssig, darüber hinaus den Daumen verlängern zu wollen. Wir setzen daher als Maximallänge des Daumens $= d_0 + cp'$ fest.

Wenn freilich über eine gewisse Expansionsgrenze, etwa $\frac{KK'}{KX}$, entsprechend der Rechtsstellung x, nicht hinausgegangen werden soll, so wird man gut thun, als Maximum der Daumenlänge $d_0 + xp'$ zu wählen; und soll das Minimum der Expansion $\frac{KK'}{KJ}$, entsprechend der Rechtsstellung i, nicht unterschritten werden dürfen, so wird man gut thun, das Minimum der Daumenlänge gleich $d_0 + ip'$ zu machen.

Ueberhaupt giebt die Entfernung der, einem bestimmten Expansionsgrad entsprechenden Rechtsstellung von der äußersten Rechtsstellung p' wieder die Verlängerung des Daumens, von seiner Minimallänge $d_0$ aus gerechnet, für jenen Expansionsgrad.

Was bei mehreren Oeffnungen jederseits oben im Haupt- und Expansionsschieber die Stegbreite zwischen denselben anbelangt, so ist zuvörderst zu bemerken, daß nach unserer Einrichtung die Expansionskante des linken Expansionsschiebers niemals über die innere Kante der Oeffnung oben im Hauptschieber nach rechts hereinrückt. Dagegen kommt sie um so weiter über die Expansionskante des Hauptschiebers nach links hinüber zu stehen, je größer die Expansion wird, am weitesten also, bei der Füllung Null, um das Stück m'c. Noch um $k'' = k'$, die Breite der Oeffnungen im Expansionsschieber, weiter nach links liegt dann die äußere Kante dieser Oeffnungen.

Die geringste zuläßige Stegbreite ist folglich $s = k + k'$, oder bei 2, 3, 4 2c. Oeffnungen jederseits oben im Hauptschieber gleich $1\frac{1}{2}k$, $1\frac{1}{3}k$, $1\frac{1}{4}k$ 2c.

Man sieht, es lassen sich bei der eben behandelten Steuerung die Vorgänge viel leichter überschauen und die maaßgebenden Dimensionen viel einfacher bestimmen, als bei denen mit einem Expansionsschieber. Nachdem aber nun in den vorigen Abschnitten für letztere Steuerungen die Vorgänge ebenfalls klar genug dargestellt wurden, die Anordnung hiernach festgesetzt und zudem gezeigt worden ist, daß sich mit ihnen alle praktisch vorkommende Fälle erreichen lassen, so kann jene Einfachheit kein Grund mehr sein, ihr zu lieb die größere Einfachheit der Construction, welche die Schleppschiebersteuerung mit einem Expansionsschieber und innerem Anstoß immer voraus hat, aufzuopfern.

In Fig. 1a, Taf. 18, ist das vollständige Diagramm der Schleppschiebersteuerung mit zwei Expansionsschiebern und einer Oeffnung jederseits oben im Hauptschieber gezeichnet; die Figuren 1b bis 1d geben die Canaleröffnungen und die Fig. 1e die Gestalt des Daumens. Wie man sieht, sind diese Figuren denen unter 1a bis 1e und 2a bis 2d auf Tafel 17 ganz ähnlich. Eine Beschreibung ihrer Construction kann also um so eher unterlassen werden, als zur Bezeichnung ähnlicher Punkte durchweg die nämlichen Buchstaben gewählt sind wie in jenen Figuren. Nur das möge bemerkt werden, daß der Daumen (Fig. 1e) so gezeichnet ist, daß bei der Stellung oC desselben, wo er seine Maximallänge hat, der Canal oben schon geschlossen wird, wenn der untere sich eben erst öffnet, daß also keine Füllung mehr stattfindet und die Maschine stehen bleibt. Es war zu diesem Behufe PC (Fig. 1e) gleich p'c (Fig. 1a) zu machen.

Fürth, im April 1864.

# Beurtheilung der neuen Marozeau'schen und Burnat'schen Versuche mit Dampfkesseln.

## Irrthümliche Auffassung des Strahlungsgesetzes. — Einflußlosigkeit des Rostabstandes auf die eingestrahlte Wärmemenge.

Von

Dr. Th. Weiß, Lehrer an der polytechnischen Schule in Dresden.

Es ist nicht zu verkennen, daß die Bestrebungen nach Lösung der Rauchverzehrungsfrage fast immer Hand in Hand gingen mit den Bestrebungen, eine vollkommenere Verbrennung zu erzielen, also die calorimetrische Leistung unserer Feuerungsanlagen zu verbessern. Glaubte man doch lange Zeit hindurch, daß beide Aufgaben identisch seien, daß der Zielpunkt der ersteren nothwendig und selbstverständlich auch den der zweiten in sich schließe; begriff man doch erst nach vielen Täuschungen, daß diese beiden Fragen der Salubrität und der Oekonomie erst dann vereinigt werden können, wenn man ihnen die Lösung einer dritten Frage zuzuführen, wenn man sie also so zu sagen durch ein besonderes, auch erst zu erfindendes Bindemittel aneinander zu kitten im Stande sein würde.

Es liegt nicht in meiner Absicht, mich hier denjenigen Lesern, welche in dem ursprünglichen Irrthume noch befangen sein sollten, über diesen Gegenstand weiter auszusprechen. Ich habe eingehendere Erörterungen hierüber in meiner „Theorie der Feuerungsanlagen" bereits, wie ich glaube, genügend erschöpfend abgehandelt und wollte nur einige einleitende Bemerkungen daran anknüpfen.

Die Rauchverzehrungsfrage wurde anfänglich, wenn ich so sagen soll, ziemlich cavalierement angefaßt. Die Vorgänge der Verbrennung, wenigstens an ihrer unmittelbaren Außenseite, sind für jedes Auge so zugänglich, gehören so sehr zu den Erscheinungen der Alltäglichkeit, daß Jeder, der nur selbst einmal das Geschäft des Einheizens besorgt und zumal, wenn er von den chemischen Vorgängen der Sauerstoffverbindung, Kohlenwasserstoff- und Kohlensäurebildung etwas gehört hatte, sich berufen glaubte, eine erklärende Ansicht haben, ein Wort mitreden und wohl gar als Erfinder auftreten zu dürfen. Die unnennbare Zahl von rauchverzehrenden Apparaten, auf welche Patente genommen wurden, und die nach so höchst barocken Ansichten construirt sind, zeugt hiervon.

Nicht aber blos Empiriker, nein, auch die Theoretiker, die Chemiker, waren etwas vorschnell mit ihren Verbesserungsideen.

Man setzte als genugsam plausibel auseinander, daß sich bei der Verbrennung zunächst schwere Kohlenwasserstoffe, dann leichte, dann Kohlenoxyde und endlich Kohlensäure, wie auch Wasserdämpfe bildeten; man sagte, daß zu Einleitung dieser Reihenfolge von Vorgängen die Anwesenheit einer genügenden Quantität Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, wie das Vorhandensein einer gewissen höheren Temperatur nothwendig sei; man äußerte sich ferner, daß der Rauch, der sichtbare, gefärbte Rauch nichts anderes wäre, als eine Verbreitung von Ruß, d. h. Kohlenstofftheilchen, in den aus Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff, Wasserdampf und atmosphärischer Luft gemischten, farblosen Verbrennungsproducten; man führte weiter an: das Vorhandensein dieses Rußes, dieser Kohlenstofftheilchen sei nur eine Folge von dem Mangel an hinreichender Verbrennungsluft, und glaubte nun die Sache damit zur Erledigung gebracht zu haben, daß man die Zufuhr von möglichst viel und, um die Temperatur, die einen gewissen höheren Betrag haben müßte, nicht zu sehr zu verringern, von vorher erwärmter Luft anrieth.

Daß durch diese Rauchverzehrung oder Rauchverhütung eine Ersparung erzielt werden mußte, lag, wie man meinte, auf der Hand, da ja die sonst entwichenen Kohlenstofftheilchen noch wärmeerzeugend verbrannten.

Nach allen diesen Auseinandersetzungen und Theorien und den vielen empirischen Versuchen ist man nun heute auf dem Punkte, einzusehen, daß man über das innere Wesen, über den Kern der Rauchverzehrungs- und Brennmaterialersparungs-Frage so viel wie gar nichts oder doch nur so wenig Positives weiß und erreicht hat, um in nur ganz einzelnen Fällen höchstens eine geringe Lichtung der schwarzen Rauchwolken bewerkstelligen zu können.

Die kleine Geschichte der Rauchverzehrungsfrage zeigt also dasselbe Bild, was uns bei der großen Geschichte der gesammten Naturforschung entgegentritt. Erfolgsicher schritt man der Gesammtmasse der Erscheinungen entgegen und glaubte ihren geistigen Mittelpunkt, das Grundgesetz der Natur, mit einem einzigen Griff erfassen zu können, und erst nachdem man so vielfach fehlgegangen war, beschied man sich und suchte den zwar längeren und mühevolleren, aber sicheren Weg der systematisch sondernden Forschung, den Weg der Induction.

Nur Derjenige, welcher hiervon ein Verständniß hat, wird begreifen, wie über die Fragen, welche ich in diesem Aufsatze zu behandeln vorhabe, also über die Fragen von der vortheilhaftesten Neigung und von dem vortheilhaftesten Abstande des Rostes, wie von der strahlenden Wärme des Brennmaterials so viel Worte gemacht und so umfangreiche und subtile Experimente angestellt werden können.

Es ist allerdings nicht unwahr und die genannten Experimente geben auf's Neue hiervon Zeugniß, daß der Einfluß dieser Einzelheiten auf den Gesammterfolg durch einen nur geringen Procentsatz an Mehr oder Weniger im Brennmaterialverbrauche sich geltend macht; es ist ferner wahr, daß derselbe in den meisten Fällen durch die Rohheit vernichtet wird, mit welcher wir unsere Feuerungsanlagen zur Zeit noch behandeln; aber wenn man einen tiefern Einblick in die Verbrennungsvorgänge sich verschaffen will, oder wenn man sich die Aufgabe stellt, von allen Bedingungen, die der Erreichung eines möglichst großen Vollkommenheitsgrades vorangestellt werden müssen, die absolut richtigsten Beträge zu ermitteln, und wenn man erkannt hat, daß man in seinem Urtheile allen Boden verliert, sobald man das rohe Ganze in seinen unbestimmten Umrissen erfaßt, anstatt es aus seinen Einzelheiten herauszugestalten, so kann man nicht anders als scheinbar so penibel verfahren.

Es giebt in dieser Beziehung nur zwei Wege; entweder man muß auf alle weitere Aufklärung in dieser Sache verzichten oder man muß die strenge Wissenschaft an die Hand fassen und nur dicht an ihrer Seite im Experimente und in der Beobachtung vorschreiten. Die tausende von sogenannten Experimenten, die zur Construction unserer jetzigen empirischen Regeln verwendet wurden, und bei denen man, wie ich es kurz bezeichnen möchte, auf der einen Seite die Kohle unter den Kessel warf und auf der andern das verdampfte Wasser maaß, sind vollständig werthlos; ja auch alle die Experimente, die den Einfluß eines gewissen Elementes zu ermitteln sich vorsetzten und bei der Variation dieses Elementes nicht alle anderen Elemente und Umstände fortwährend constant und in vollkommener Identität erhielten, können von Jedem, der sich eingehender, sei es nun experimentell oder theoretisch, mit der Wärmetechnik befaßt hat, nicht anders, als vollständig unverläßlich und als gänzlich ungeeignet zur Unterlage für ein entscheidendes Urtheil erachtet werden.

Indem ich mich zu den Berichten der Wesserlinger und Mühlhausener Experimentatoren wende, werde ich gleich bei dem ersten Gelegenheit finden, diese Aeußerungen und Behauptungen zu bewahrheiten und zu illustriren.

## Experimente über die Constructionsverhältnisse des Feuerraumes zu Mühlhausen und Wesserling.

### I.

Herr Marozeau in Wesserling hat Versuche angestellt:

a. Ueber die Neigung des Rostes von hinten nach vorn, also über eine Disposition, bei welcher der hintere, an die Feuerbrücke grenzende Theil des Rostes höher liegt, als der vordere.

Er sagt, zuerst bemerkt zu haben, daß die größer als übliche Distanz von 0,52 Meter des Rostes vom Sieder einen Vortheil sowohl bezüglich einer rauchfreieren, als vollkommneren, also mehr Wärme liefernden Verbrennung gezeigt hätte, und daß dieser Vortheil von dem Umstande herzurühren geschienen, daß die Gase über die nach hinten geschobenen glühenden, eine ansteigende Ebene bildenden Kohlen sich bewegten.

Zufolge dieser Erfahrung habe er den Rost in der bezeichneten Weise und zwar im Speciellen derart geneigt, daß der vordere Theil 52, der hintere 30 und die Feuerbrücke 19 Centimeter vom Sieder abgestanden hätte. In Folge dieser Neigung habe sich eine Dampfmenge von 8,68 Kilogr. pro Kilogr. Kohle ergeben, während mit dem horizontalen und in durchweg gleichem Abstande von 52 Centimeter angebrachten Roste nur 8,08 Kilogr. Dampf erhalten worden wären.

b. Ueber die Anzahl der Chargen.

Es haben sich häufigere Chargen von entsprechend kleinerem Gewichte als vortheilhaft herausgestellt.

c. Ueber die Mischung von mageren und fetten Kohlen.

Die Steinkohle von Creuzot ist mager; sie kann auf den gewöhnlichen Heerden wohl angewendet werden, aber erfordert eine sehr aufmerksame Bedienung, gestattet keine, oft wünschenswerth werdende rasche Verstärkung oder Verminderung des Feuers und hat eine nur mittelmäßige und unregelmäßige Leistungsfähigkeit. Als sie aber im Verhältniß von 2 : 1 mit fetter Kohle von Ronchamp gemischt wurde, so daß sie also $^2/_3$ des Gemenges ausmachte, verschwanden alle diese Inconvenienzen und auch ihre Leistung nahm sehr beträchtlich zu. Das Experiment hat nämlich unter sonst gleichen Umständen der Verbrennung, Bedienung und der Constructionsverhältnisse ergeben:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Creuzot-Kohle | pro Pfd. | 7,96 | Pfd. Dampf. | | |
| Ronchamp-Kohle | " " | 8,44 | " | " | |
| $^2/_3$ Creuzot- + $^1/_3$ Ronchamp- } Kohle | " " | 8,97 | " | " | |

Diese günstigere Leistung scheint ihre Hauptursache in der dem Gemenge zukommenden besseren Strahlbarkeit zu haben, denn es wurde beobachtet, daß im letzten Falle die Temperatur der abziehenden Gase eine viel geringere als in den früheren war, was seinen Grund nur darin haben kann, daß die Verbrennungsproducte durch Entziehung der ausgestrahlten Wärme schon mit einer niedrigeren Temperatur aus dem Feuerraume in die Züge traten. Die Temperaturerniedrigung war aber sehr bedeutend, indem sich die Temperatur im ersten Falle, wo unvermischte Creuzot-Kohle angewendet wurde, zu 183, im zweiten zu 90 und im dritten, also bei Verwendung des Gemenges, nur zu 86 Grad ergab.

Aus den Versuchen läßt sich zunächst schließen, daß es allgemein betrachtet zweckmäßig ist, den Heerd so einzurichten, daß die strahlende Wärme vorherrscht, daß also der verhältnißmäßig geringere Theil der ganzen, auf dem Roste erzeugten Wärme mit den Gasen in die Züge tritt. Um dies zu erreichen, muß man

1. dem Roste eine möglichst beträchtliche Oberfläche geben,
2. die Bedienung so einrichten, daß die Oberfläche des Brennmaterials möglichst beständig glühend ist, was durch häufigere Chargen erreicht werden kann,
3. den Abstand des Rostes von den Siedern oder dem Kessel möglichst gering machen, jedoch nicht so gering, daß die Flamme den kalten Boden des Sieders erreicht, weil sonst die Verbrennung so schlecht und auch rauchend ausfällt, daß der hieraus entspringende Nachtheil durch den Vortheil einer größeren Strahlung nicht aufgewogen wird.

Gegen diese letztgenannten Schlußfolgerungen Marozeau's, woraus er indessen bestimmtere Constructionsregeln nicht herleitet und wegen zu großer Verschiedenheit im Verhalten der Brennmaterialien auf dem Roste herleiten zu können auch für unmöglich erklärt, würde als solche kein Einwand zu erheben sein; sie sind in der That der Ausspruch der hier mitgetheilten Beobachtungen. Allein gegen die Resultate der Experimente selbst würde einzuwenden sein, daß sie wegen mangelnder Erhebung mehrerer sehr wichtiger Beobachtungselemente als ganz Vertrauen erweckend nicht angesehen werden können.

Wie ich schon häufig zu accentuiren Gelegenheit nahm, hat den beiweitem vorwiegendsten Einfluß auf eine gute Verbrennung und noch mehr auf den Gesammterfolg der Dampfproduction die Luftmenge, welche in den Heerd geleitet wird. Der Einfluß derselben ist, wie vornehmlich auch die Herren Experimentatoren in Mühlhausen gefunden haben, in der That so bedeutend, daß die Wirkung der anderen, mit in Concurrenz tretenden Umstände fast gänzlich dagegen verschwindet.

Diese Luftmenge wurde aber von Herrn Marozeau gar nicht gemessen, und auch die Berechnung, welche er zu wenigstens ungefährer Ermittelung derselben anstellt, ist falsch, weil sie, indem sie die aus den Verbrennungsproducten verschwindende Wärmemenge derjenigen gleichsetzt, die das Wasser in den Vorwärmern aufnimmt, von der Voraussetzung ausgeht, es erfolge in den Vorwärmern nur Erwärmung und keine Verdampfung des Wassers, eine Voraussetzung, die sich zufolge vielfacher Beobachtungen selbst für verhältnißmäßig kleine Vorwärmer als durchaus unstatthaft erwiesen hat, und welche wegen des bedeutenden Betrages der latenten Wärme des Dampfes zu sehr stark von der Wahrheit abweichenden Ergebnissen führt. Die Luftmenge aber, ohne sie zu messen, mit nur einiger Sicherheit abschätzen zu können, ist nach den vielfachen Erfahrungen der Herren Mühlhausener Experimentatoren ganz unmöglich, da leicht 5 bis 10 Procent mehr oder weniger Luft einströmen, ohne daß die dadurch entstehenden Einwirkungen auf das Verhalten des Feuers oder auf andere Umstände irgendwie für die Beobachtungssinne erkennbar werden.

Aus diesen Gründen ist es denn leicht möglich, daß die durch die Beobachtung hervorgetretenen Unterschiede in der Leistung des Kessels nicht sowohl von der verschiedenen Anordnung des Rostes, als lediglich von den verschieden großen Luftmengen herrühren, und bei aller Hochachtung vor der so häufig kund gewordenen Einsicht und vor dem Beobachtungstalente des Herrn Marozeau bin ich daher doch anzunehmen geneigt, daß die gerade das Gegentheil von den hier erzielten Resultaten behauptenden Aussprüche der in Mühlhausen mit den Concurrenzkesseln 1859 angestellten und von mir in der Schrift: „Regeln und Formeln zur Construction von Dampfgeneratoren" eingehender behandelten Experimente, eben weil sie alle auf den Erfolg mitwirkenden Elemente genau ermittelt und berücksichtigt haben, unbeanstandete Geltung behalten.

Es mußte aus diesen Experimenten gefolgert werden, daß allerdings in Uebereinstimmung mit den Marozeau'schen Beobachtungen, eine große Anzahl von Chargen, daß aber nicht eine große Rostfläche und ein verhältnißmäßig kleiner Abstand des Rostes vom Kessel, sondern das Entgegengesetzte vortheilhaft sei.

Ueber zwei der hier genannten Constructions- und Bedienungselemente, nämlich über den vortheilhaftesten Abstand des Rostes vom Kesselboden und über die vortheilhafteste Anzahl der Chargen, liegen uns indessen genauere und zwar in Mühlhausen von denselben Beobachtern, welche die erwähnten Concurrenzkessel untersuchten, erhobene Expe-

rimente vor. Ich wende mich daher mit einer Discussion zu den Ergebnissen dieser Experimente und lasse zunächst den Wortlaut des von Herrn E. Burnat gegebenen Berichtes folgen.

## II.

### a. Experimente über den vortheilhaftesten Abstand des Rostes vom Kesselboden.

Gewöhnlich angenommene Disposition. Frühere Beobachtungen. —

Im Elsaß ist man der Ansicht, daß der Rost einen Abstand von 35 bis 40 Centimetern von den Siedern haben müsse, und daß es unvortheilhaft sei, diesen Betrag zu überschreiten. Die Constructeure, welche wir nach den Motiven für diese Ansicht befragten, leiten dieselben aus genauen Beobachtungen nicht ab, sondern aus verschiedenen vereinzelt dastehenden Experimenten, bei denen sämmtliche auf den Erfolg einwirkende Elemente keineswegs so variirt sind, daß man strenge Schlüsse daraus ziehen könnte.

Als wir im Jahre 1860 die vier Apparate mit Vorwärmern aufstellten, welche der Gegenstand unserer Abhandlung sind, haben wir wegen Mangel an schlußreifen Experimenten einen Abstand von 45 Centimetern gewählt, und die von Herrn Marozeau angenommene Ziffer, weil sie uns die durch die Praxis sanctionirte zu sehr zu überschreiten schien, nicht anzuwenden gewagt.

Aus den Experimenten, welche bisher und zwar mit nicht Vertrauen erweckender Genauigkeit angestellt wurden, sieht man, daß das in Rede stehende Constructionselement weit entfernt ist, genau bestimmt zu sein, und wird daher begreifen, daß man in dieser Beziehung in einige Verlegenheit geräth, wenn man eine Dampfkesselanlage unter den besten Bedingungen herstellen soll.

Höchst einfache Betrachtungen zeigen, daß man nicht wohl annehmen kann, Abweichungen in der Construction der Roste innerhalb der Grenzen, innerhalb deren es zu geschehen pflegt, hätten nicht namhafte Differenzen in der Leistung zur Folge haben sollen.

Wenn man die Specialwerke, in denen Aufklärung über diesen Punkt gegeben sein sollte, zu Rathe zieht, so sieht man, daß darin Experimente, aus denen die verschiedenen in der Praxis angewendeten Dispositionen herzuleiten sind, gänzlich fehlen.

Grouvelle (Guide du chauffeur 1858, vol. I, p. 99) räth: „für Maschinen von 16 Pferdekraft und darunter „den Rost 0,32 bis 0,35 Meter vom Kessel zu entfernen; „bei stärkeren Apparaten soll man nie mehr als 0,40 Meter „Abstand anwenden. Dies ist das Verhältniß, welches „wir, und welches auch Farcot bei den meisten seiner „Apparate anwendet."

Péclet (Traité de la chaleur) giebt genau dieselben Ziffern.

Graham (On the consumption of coal in furnaces 1858) hat einige Experimente an einem cylindrischen Kessel ohne Sieder und ohne Vorwärmer von 12,8 Meter Länge, 1,83 Meter Durchmesser und mit einem Rost von 2,11 auf 1,55 Meter, also 3,27 Quadr.-Meter Oberfläche angestellt.

Er fand durch Entfernung des Rostes um 0,30, 0,51 und 0,65 Meter vom Kessel die Liefermengen 6,14, 6,46 und 5,11 Kilogr. Aber weder Qualität, noch Quantität der verbrannten Kohle ist dabei notirt worden. In Ermangelung anderer Daten, wie z. B. desjenigen über die Verbrennungsluft, ist es auch nicht möglich, aus den Experimenten bestimmte Schlüsse zu ziehen.

Wir haben in dem Werke Armengaud's (Traité des moteurs, 1861), welches eines der neuesten über die Dampfkessel veröffentlichten ist, keine neuen Einzelheiten über diesen Gegenstand gefunden. Ein Siedekessel ohne Vorwärmer, wovon in diesem Werke die detaillirte Disposition gegeben wird, hat 25 Quadratmeter Heizfläche und einen Rost von 1,2 auf 0,7 Meter, der 50 Centimeter von den Siedern absteht.

Die eingehenderen Betrachtungen, zu denen wir uns jetzt wenden, werden zeigen, daß es nicht unnütz ist, mit Hilfe des wiederholten Experimentes einen Punkt aufzuklären, welcher für die Leistung der Dampfkessel Wichtigkeit hat.

Schwierigkeiten, welche das Experiment dieser Frage entgegenstellt. — In dem Maaße, als man den Rost vom Kessel entfernt, vermindert man die durch Strahlung absorbirte Wärmemenge, und diese Menge variirt ohne Zweifel umgekehrt mit dem Quadrat der Entfernung; aber man läßt in die Gase einen viel größeren Bruchtheil von der durch die Verbrennung entwickelten Wärme eintreten.

Wenn man also die in den Gasen enthaltene Totalwärme ausnutzen könnte, so ist es mehr als wahrscheinlich, daß der Effect nur wenig mit der Entfernung des Rostes sich ändern würde. Allein diese Bedingung zu erfüllen ist nicht möglich, denn in den Kesseln treten Verluste durch Abkühlung auf, die um so bedeutender sind, je größer die Oberfläche des Ofens und die der Canäle wird.

Man begreift daher schon von vornherein, daß die verschiedenen Dispositionen von Kesseln beträchtliche Differenzen zeigen werden, je nachdem oft in den Verbrennungsgasen enthaltene Wärme ausgenutzt wird; die Apparate mit kleinen Heizflächen werden sich nicht so verhalten, wie diejenigen von größerer Ausdehnung und wie diejenigen, welchen Vorwärmer angefügt sind. Gewisse Kessel werden auch unter sonst gleichen Umständen weniger geeignet sein als andere, die ausgestrahlte Wärme zu absorbiren.

Man kann daher bestimmte Schlüsse nur aus Experi-

menten ziehen, die mit einem und demselben gegebenen Kessel angestellt sind. Und in dem Falle, wo man mit einem und demselben Kessel operirt, muß man annehmen, daß die verschiedenen Kohlensorten verschiedene Resultate geben werden. Ein für den Feuerraum zu beengt angenommener Inhalt wird eine schlechte Verbrennung veranlassen, weil die Flamme durch Berührung mit dem Umfange des Kessels, der eine relativ wenig hohe Temperatur hat, erlischt; fette Kohlen mit langer Flamme und daher reich an Wasserstoff werden einen entfernteren Rost, als magere oder anthracitartige Kohlen erfordern. Ebenso wird die Quantität der auf dem Roste verbrauchten Kohle von nennenswerthem Einflusse sein.

Details der mit einem Vorwärmekessel angestellten Experimente. — Da wir diese Frage unmöglich von allen ihren Gesichtspunkten aus untersuchen konnten, so haben wir beschlossen, uns auf einen speciellen Fall zu beschränken und zwar auf denjenigen der Vorwärmerkessel mit großen Heizflächen, unter denen Ronchamp-Kohle verbrannt wird.

Wir haben sofort nach einigen Vorversuchen erkannt, daß die Differenzen, welche für die Liefermenge aus einer Veränderung des Rostabstandes hervorgehen würden, eine ganz besonders subtile Experimentation erfordern. Wir haben daher den Heizer und den Maschinenwärter fortwährend durch einen Maschinenmeister überwachen lassen und diesen unter die Leitung eines Ingenieurs gestellt, welcher die Beobachtungsdaten erhob und alle Berechnungen nachsah.

Die beifolgende Tabelle giebt eine detaillirte Zusammenstellung dieser neuen Experimente. (Siehe S. 347, flgde.)

Der Rost war anfänglich eine Woche lang 30 Centimeter von den Siedern entfernt angebracht, und wurde dann allmälig auf 65 Centimeter gesenkt, indem man nach und nach von 5 zu 5 Centimeter herabging. Jede Veränderung des Rostes blieb eine ganze Woche lang.

Die Versuche haben 40 Tage gedauert und jeden Tag 12 Stunden. Man verbrannte pro Tag 1200 Kilogr., indem man die Chargen so regelmäßig als möglich anordnete. Der Nachbarkessel, dessen Liefermenge nicht gemessen wurde, lieferte gleichzeitig den Dampf für die Maschine; man verbrannte unter diesem letzten Kessel Kohlenmengen, welche ein wenig in dem Maaße variirten, als man sich genöthigt fand, die Dampfproduction zu forciren. Der Versuchskessel dagegen hatte eine vollkommen regelmäßige Bedienung.

Das Gewicht der Chargen, die pro Kilogramm Kohle eingeführte Luftmenge, die Natur der verbrannten Kohle, die Spannung im Kessel und überhaupt alle auf den Gang des Kessels influirenden Umstände wurden während der Versuche nicht wesentlich geändert.

Die Liefermenge ist merkwürdig regelmäßig von 30 bis 55 Centimeter Entfernung des Rostes gewachsen und dann bis zu 65 Centimeter gefallen, weshalb wir es für unnütz hielten, die Versuche über diese Grenze hinaus auszudehnen.

Die pro Kilogr. Kohle verdampften Wasserquantitäten waren nach einander:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| | 7,93 | 8,06 | 8,04 | 8,10 | 8,15 | 8,25 | 8,12 |

endlich für 65 Centimeter Abstand, 7,99 Kilogr.

Zwischen den Ziffern 30 und 55 beträgt die Differenz für die Liefermenge 4 Procent.

Für Experimente, die mit so viel Sorgfalt angestellt wurden, sind die Beobachtungsfehler, wie wir glauben, gering, so daß man aus den Resultaten Schlüsse zu ziehen wohl berechtigt ist.

Es ist bemerkenswerth, daß der Abstand von 55 Centimetern genau derjenige ist, zu welchem Herr Marozeau auf andere Weise gelangte; wir finden hier, wie schon zu wiederholten Malen, Gelegenheit, die ausgezeichnete Disposition der Wesserlinger Apparate zu bestätigen.

Wir haben jede Woche einen Tag lang Beobachtungen über den Zustand des Rauches anstellen lassen, aber sind durch Vergleichung der erhobenen Ziffern zu keinem Resultate gelangt. Die Rostfläche wurde zwar bei beiden Kesseln gleichzeitig um denselben Betrag gesenkt; aber die für diese Beobachtungen angewendete Methode ist doch wenig genau. Wir werden darüber fast ebenso viel sagen, wie über die Experimente bezüglich der am Ende des Hauptkessels herrschenden Temperaturen, haben indessen die Erhebungen dieser letzten Versuche angegeben.

Man bemerkt nichtsdestoweniger, daß die Verbrennungsproducte am Ende des Hauptkessels ihre Temperatur erheblich in dem Maaße gesteigert haben, als die Rostfläche gesenkt wurde. Die Temperatur des Wassers am Austritte aus den Vorwärmern ist gleichzeitig gewachsen und zwar in viel stärkerem Grade, als die des Speisewassers, welche während der Versuche nur wenig variirte.

In Folge der Experimente, von denen wir das Resumé geben, haben wir bei allen unsern Kesseln mit Vorwärmern den Abstand des Rostes geändert und den Betrag 0,55 Meter angenommen.

b. Experimente über geneigte Roste.

Die Dispositionen der Roste zu Wesserling sind im Laufe des letzten Jahres geändert, und man hat geneigte, gegen die Feuerbrücke ansteigende Roste angenommen. Die früher gegebenen Notizen, welche wir Herrn Marozeau verdanken, geben die bei dieser Gelegenheit erhobenen Beobachtungen.

## Tabelle I. Versuche zur Ermittelung des vorth

Heizkraft der Kohle $k = 7872$; theoreti

Vom Experimentator beobachtet.

| Abstand des Rostes. Meter. | Anzahl der Chargen pro 12 Stunden. | Temperatur der Gase | | Temperatur des Wassers | | | Heerdrückstände pro Kilogr. Kohle. | Verbrannte Kohle | | | Verbrauchte Luftmenge in Kilogr. | Verdam- tes Wa in Kilg pro Kl Kohle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | am Ende des Vorwärmers $T_1$. | am Ende des Hauptkessels $T_2$. | im Kessel $t_1$. | am Ende des Vorwärmers $t_0'$. | beim Eintritt in den Vorwärmer $t_0$. | | pro Charge. | pro Qu.-Meter Rostfläche m. | pro Stunde M. | nA. | $\left(\frac{a}{M}\right)$ |
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. |
| 0,30 | 176 | 238 | 387 | 154 | 90,8 | 30,6 | 0,139 | 6,79 | 49 | 105 | 13,0 | 7,91 |
| 0,35 | 189 | 222 | 381 | 154 | 91,8 | 28,8 | 0,150 | 6,33 | 49 | 104 | 13,5 | 8,06 |
| 0,40 | 196 | 219 | 379 | 154 | 89,4 | 30,4 | 0,161 | 6,11 | 49 | 105 | 13,6 | 8,04 |
| 0,45 | 171 | 221 | 392 | 154 | 97,6 | 32,7 | 0,152 | 7,03 | 49 | 105 | 15,8 | 8,10 |
| 0,50 | 170 | 228 | 401 | 154 | 100,6 | 35,1 | 0,161 | 7,09 | 49 | 104 | 14,7 | 8,15 |
| 0,55 | 172 | 218 | 405 | 154 | 99,9 | 34,5 | 0,153 | 7,78 | 49 | 105 | 13,0 | 8,25 |
| 0,60 | 168 | 219 | 412 | 154 | 100,8 | 35,6 | 0,138 | 7,17 | 49 | 104 | 14,3 | 8,12 |
| 0,65 | 169 | 224 | 432 | 154 | 103,4 | 33,9 | 0,136 | 7,08 | 49 | 105 | 15,0 | 7,99 |

Wir haben im Laufe der Experimente, von denen wir soeben berichteten, denselben Apparat Nr. I während einer ersten Woche mit einem Roste von 0,45 vorderem und 0,306 hinterem, also 0,378 mittlerem Abstande functioniren lassen, und während einer zweiten Woche auf den Rath des Herrn Marozeau mit einem Roste von 0,51 vorderem und 0,345 hinterem, also 0,427 mittlerem Abstande.

Die Liefermengen sind ziemlich dieselben als diejenigen, welche wir mit den Abständen 0,35 und 0,40 gefunden haben, nämlich 8,04 für den mittleren Abstand 0,376 und 8,06 für die zweite Woche.

Die für die Temperatur der Gase und für diejenige des Wassers am Eintritt in den Hauptkessel erhobenen Ziffern haben gezeigt, daß diese Resultate nicht daher rühren konnten, daß in Folge eines zehnwöchentlichen Betriebes ohne Reinigung die Absorption der Wärme durch das Wasser minder vollkommen als früher gewesen wäre.

### Bemerkungen zu der Tabelle.

1. Alle in dieser Tabelle behandelten Versuche sind mit dem Kessel Nr. 1, der Vorwärmer von Blech hat, angestellt.

2. Die verwendete Kohle ist immer dieselbe gewesen, nämlich von der Grube Ronchamp, und von einer und derselben Sendung genommen.

3. Derselbe Heizer hat das Feuer bei allen Versuchen bedient.

4. Die Temperaturen der Verbrennungsproducte sind mit Hilfe calorimetrischer Messungen bestimmt.

5. Die Zahl der Reinigungen des Rostes betrug zwei pro Tag.

### Kritik der aus vorstehend mitgetheilten Experimenten gezogenen Folgerungen.

Nachdem ich somit den Wortlaut des Berichtes des Herrn Experimentators wiedergegeben habe, lasse ich meine Ansichten über die Schlüsse folgen, welche derselbe aus den Beobachtungsresultaten zieht.

In dem Berichte über die 1859 mit den Concurrenz-Kesseln angestellten Versuche sagt der Herr Experimentator: „es wäre zu wünschen, alle Experimentatoren, welche diese schwierigen Fragen behandelten, möchten vor allen Dingen daran festhalten, einen treuen Bericht von ihren Beobachtungen zu geben, anstatt sich dem Hange zu überlassen, aus ihren beschränkten Experimenten allgemeine Gesetze herleiten und neue, nur zu schnell von der Erfahrung als verkehrt dargethane, Theorieen schaffen zu wollen."

Dem durch diesen Ausspruch kundgegebenen Grundsatze bleibt derselbe auch bei den hier vorliegenden Experimenten durchaus treu. Denn er läßt die aus den Beobachtungsdaten hergeleiteten unmittelbaren Schlüsse nur für die verwendete Kohle, nur für die im Besonderen untersuchte Dampfkesselart, nur für den speciellen Fall eines Kohlenconsums von etwa 49 Kilogr. pro Quadratmeter totaler Rostfläche und circa 100 Kilogramme pro Stunde, wie endlich nur für den besonderen Umstand einer Luft-

## aftesten Abstandes des Rostes vom Kesselboden.

erbrennungsluft $A = 10{,}95$; $\frac{k}{A} = 720$.

| Vom Verfasser berechnet. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wärmemenge: $50 . \left(\frac{a}{M}\right)$. | Wärmemenge: $(nA+1)\sigma T_1$. | Rauchmenge pro Stunde $nAM + M = (nA+1)M$. | Verhältnißzahl: $n$. | Auf dem Roste erzeugte Wärme pro Kilogr. Kohle $\eta_1 k$. | Wirkungsgrad des Feuerraumes $\eta_1$. | Temperatur im Feuerraume $T_0$. | Ausgestrahlte Wärme pro Kilogr. Kohle $\Omega$. | Verhältnißzahl: $\omega = \left(\frac{\Omega}{\eta_1 k}\right)$. |
| 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. | 21. | 22. |
| 5154 | 833 | 1470 | 1,20 | 6037 | 0,766 | 912 | 2833 | 0,468 |
| 5239 | 804 | 1508 | 1,23 | 6193 | 0,786 | 863 | 3051 | 0,492 |
| 5226 | 799 | 1533 | 1,23 | 6175 | 0,784 | 844 | 3094 | 0,502 |
| 5265 | 928 | 1764 | 1,43 | 6343 | 0,809 | 827 | 2866 | 0,451 |
| 5297 | 895 | 1632 | 1,34 | 6342 | 0,809 | 888 | 2857 | 0,455 |
| 5362 | 763 | 1470 | 1,20 | 6275 | 0,797 | 971 | 2873 | 0,457 |
| 5278 | 837 | 1591 | 1,30 | 6265 | 0,796 | 937 | 2662 | 0,424 |
| 5194 | 896 | 1680 | 1,37 | 6240 | 0,792 | 964 | 2384 | 0,382 |

zuführung von 1,2 bis 1,5 mal der theoretischen Quantität Giltigkeit haben.

Wenn ich diesem vorsichtigen Verfahren vollkommen beistimme, weil ich, wie der Herr Experimentator durch seine vielfältigen Erfahrungen, ebenso durch meine rechnungsmäßige Behandlung von Untersuchungsergebnissen gefunden habe, wie ganz enorm anscheinend geringfügige Abweichungen von den Umständen des angestellten Experimentes den Erfolg verändern können, so glaube ich doch, an der Hand der durch die Praxis und durch das Experiment approbirten Theorie einige Schritte weitergehen zu dürfen, und die vorliegenden Beobachtungsdaten zunächst so verwenden zu können, daß die daraus hergeleiteten Aussprüche nicht nur für die behandelte Versuchs-Kesselart, sondern überhaupt für alle Kessel oder, wenn man sehr penibel sein will, doch wenigstens für alle Kessel mit drei über dem Feuer gelegenen Siedern Giltigkeit erlangen.

Dieses Ziel kann erreicht werden, wenn man das Resultat des gesammten Verdampfungsvorganges, aus welchem der Herr Experimentator seine Folgerungen ableitet, in die Einzelvorgänge der Verbrennung und der Wärmeübertragung zerlegt, wenn man also mit andern Worten die als Product aus den im Feuerraume und in den Canälen stattgefundenen Vorgängen auftretende Ziffer für die pro Kilogramm Kohle erhaltene Dampfmenge in ihre Factoren auflöst.

Zu dem Ende braucht man nur eine Annahme über das Wärmequantum zuzulassen, welches durch äußere Abkühlung pro Stunde aus der Kesselanlage verschwand, denn bedeutet

- $k$ den calorimetrischen Effect in Calorien,
- $a$ die pro Stunde verdampfte Gesammt-Wassermenge in Kilogr.,
- $M$ die pro Stunde verbrauchte Gesammt-Brennmaterialmenge in Kilogr.,
- $\eta_1$ den Wirkungsgrad des Feuerraumes,
- $nA$ die pro Kilogr. Kohle eingeführte Luftmenge in Kilogr.,
- $\sigma$ die specifische Wärme der Verbrennungsproducte $= 0{,}25$.
- $T_1$ die Temperatur der Gase am Ende des ganzen Kessels,
- $\mathfrak{A}$ die pro Stunde durch Abkühlung verschwundene Wärmemenge,
- $\mathfrak{E}$ die zur anfänglichen Erwärmung des ganzen Apparates verwendete und auf die Stunde reducirte Wärmemenge,

so ist:

$$\eta_1 k = 650\left(\frac{a}{M}\right) + (nA+1)\sigma T_1 + \frac{\mathfrak{A}}{M} + \frac{\mathfrak{E}}{M} \; . \; . \; (1)$$

und hierin $k$, $\left(\frac{a}{M}\right)$, $nA\sigma T_1$ bekannt und, sofern über $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{E}$ eine Annahme gestellt wird, der durch den Wirkungsgrad $\eta_1$ bezeichnete und zu messende Einzelvorgang der Verbrennung berechenbar.

Die zum anfänglichen Erwärmen des ganzen Apparates erforderliche und von dem Experimentator in die Zahl $M$ eingeschlossene Wärmemenge ist nämlich offenbar derjenigen Menge gleich, welche während des Stillstandes des

Apparates vom Abend bis zum andern Morgen durch Abkühlung verschwindet, und diese Menge sehr angenähert derjenigen gleich, welche während gleicher Zeitdauer am Tage durch äußere Abkühlung verloren geht, sofern, was in der That der Fall war, das Zugregister nachts geschlossen und dadurch verhindert wird, daß kalte Luft durch die Canäle strömt.

Die Annahme nun, welche bezüglich der Quantität A zuzulassen ist, braucht nicht blos aus den unsichern Schätzungen eines mehr oder weniger richtig urtheilenden Dafürhaltens entnommen, sondern kann berechnet werden, und wenn das Rechnungsresultat nur eine Annahme genannt wurde, so geschah es blos, weil einige in die Rechnung einzuführende Größen nicht mit aller Sicherheit ermittelt werden können.

Die Berechnung geschieht mit Hilfe der Péclet'schen Abkühlungscoefficienten. Es würde zu bestimmen sein, wieviel Wärme durch die Vorder- und Hinterwand des Hauptkessels, durch die Vorder- und Hinterwand der Vorwärmer-Canäle und durch die eine Seitenwand dieser letzten Canäle dringt, da die anderen Flächen von gleichhoch temperirten Räumen umgeben, oder doch, wie der obere Theil des Kessels auf andere Weise gegen Abkühlung vollständig geschützt sind.

Die genannten Vorder- und Hintertheile werden durch Doppelmauern gebildet, von denen eine 0,24, die andere 0,12 Meter Dicke hat; die genannte Seitenwand von einer Doppelmauer, die aus den Einzeldicken 0,25 und 0,33 Meter besteht.

Der Wärmeüberführungscoefficient w ist nach den Ziffern der Péclet'schen Experimente (siehe des Verfassers „Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen", S. 62 bis 80):

a. für die genannten Vorder- und Hintertheile

$$w_1 = \frac{1}{2 \cdot \frac{2}{6,6} + \frac{1}{0,6} \cdot (0,24 + 0,12)} = 0,82,$$

b. für die genannte Seitenwand

$$w_2 = \frac{2}{2 \cdot \frac{2}{6,6} + \frac{1}{0,6} \cdot (0,25 + 0,33)} = 0,63.$$

Die den Feuerraum nach außen abgrenzende Fläche beträgt 0,75 Quadratmeter und die Temperaturdifferenz $(T_0 - \mathfrak{T})$ zwischen innen und außen kann = 1000 Grad geschätzt werden; die Hinterfläche hat 3 Quadratmeter und eine Temperaturdifferenz von circa 600 Grad; die vor dem Hauptkessel gelegene Vorderfläche 0,75 Quadratmeter und eine Temperaturdifferenz von $(T_2 - \mathfrak{T})$ = 400 Grad; Vorder- und Hintertheil der Vorwärmercanäle haben eine Fläche von 4,5, die Seitenwand dieser Canäle eine Oberfläche von 18 Quadratmetern, und die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von sämmtlichen Umfangswänden der Vorwärmercanäle kann genügend genau

$$= \left(\frac{T_2 + T_1}{2} - \mathfrak{T}\right) = 300$$

gesetzt werden.

Hiernach berechnet sich:

$$\mathfrak{A} = 0,82 \left\{ 1000 . 0,75 + 600 . 3 + 400 . 0,75 + 300 . 4,5 \right\} + 0,63 . 300 . 18$$
$$= 3444 + 3402 = 6846,$$

und da nun der Kessel 12 Stunden im Betrieb war und 12 Stunden still stand, so ist auch die während der Nacht durch Abkühlung verschwundene und auf die Stunde reducirte Wärmemenge wegen oben bezeichneter Gründe:

$$\mathfrak{E} = 6846$$

und daher die Summe obiger Gleichung:

$$\frac{\mathfrak{A}}{M} + \frac{\mathfrak{E}}{M} = \frac{13692}{M}.$$

Die Brennmaterialmenge M betrug 105 Kilogr. Mithin kann mit Rücksicht auf die bisher unberechnet gebliebene Abkühlung des oberen Theiles des Kessels, der Heizthüre und der äußerlich angebrachten Verbindungsröhren

$$\frac{\mathfrak{A}}{M} + \frac{\mathfrak{E}}{M} = 150 \text{ Calorien}$$

gesetzt werden.

Dieser Betrag in die Gleichung (1) eingeführt liefert mit Anwendung der in Columne 13 und 15 eingetragenen Beobachtungsgrößen $\left(\frac{a}{M}\right)$ und $(n A + 1) \sigma T_1$ die Ziffern der 18ten Columne, und hieraus wieder ergeben sich durch Division mit

$$k = 7872$$

die Zahlen der 19ten Columne von Tabelle I.

Aus diesen letzteren nun lassen sich genauer, als aus denen der 13ten Columne die Vorgänge der Verbrennung beurtheilen und demnach allgemeinere, nicht blos auf einen Apparat mit Vorwärmern und von einer ungefähren Größe wie die des Versuchskessels bezügliche, sondern für alle Arten von Kesselconstructionen und für alle Heizflächengrößen giltige Schlüsse ziehen.

Ehe ich indessen hierzu verschreite, stelle ich eine noch weiter gehende Rechnung an. Man ist nämlich im Stande, sowohl die Temperatur, welche den Verbrennungsproducten im Feuerraume zukommt, als die Quantität der ausgestrahlten, respective in den Kessel eingestrahlten Wärme zu berechnen, sofern man keinen Einwand gegen die Bestimmungsweise des Wärmeüberführungs-Coefficienten w (von den Verbrennungsproducten in das Kesselwasser) hat, wie ich sie mit Hilfe der 1859 in Mühlhausen angestellten Experimente

in der Schrift: „Regeln und Formeln zur Construction und Berechnung der Größenverhältnisse von Dampfgeneratoren" vornahm.

Es berechnet sich die Heizfläche des Hauptkessels, da dieselbe als Richtstromapparat wirkt, durch die Formel:

$$F = \frac{n A M \sigma}{w} \ln t \left\{ \frac{T_0 - t_1}{T_2 - t_1} \right\}$$

oder genauer durch:

$$F = \frac{(nA+1) M \sigma}{w} . \ln t \left\{ \frac{T_0 - t_1}{T_2 - t_1} \right\} \text{Qu.-Met.} \quad . \; (2)$$

(siehe: meine „Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen, Seite 93), sofern

$T_0$ die Temperatur am Anfange } des Hauptkessels,
$T_2$ die Temperatur am Ende } des Hauptkessels,
$t_1$ die Temperatur des Dampfes oder Wassers im Hauptkessel

angiebt und die übrigen Bezeichnungen die ihnen bisher untergelegten Bedeutungen haben.

Hieraus folgt:

$$T_0 = t_1 + (T_2 - t_1)\, e^{w \frac{F}{(nA+1) M \sigma}}.$$

Die oben erwähnte Bestimmungsweise des Wärmeüberführungs-Coefficienten w führte aber auf die Formel

$$w = 1{,}2 \sqrt[3]{\frac{(nA+1)M}{q}},$$

worin q den Querschnitt des Feuercanales oder Zuges in Quadratmetern bedeutet. Es ergiebt sich daher:

$$T_0 = t_1 + (T_2 - t_1)\, e^{\frac{1{,}2}{\sigma} \frac{F}{\sqrt[3]{q}} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{[(nA+1)M]^2}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

Ferner ist, wenn $\Omega$ die Wärme bezeichnet, welche pro Kilogramm auf dem Roste verbrannter Kohle durch Strahlung in den Kessel dringt, also den über dem Brennmaterial schwebenden und in die Heizcanäle strömenden Gasen entzogen wird,

$$(nA+1) M \sigma T_0 = \eta_1 k M - \Omega M$$

und hieraus

$$\Omega = \eta_1 k - (nA+1) \sigma T_0; \quad . \; . \; (4)$$

wenn endlich

$\omega$ das Verhältniß bedeutet, in welchem die genannte ausgestrahlte Wärme $\Omega$ zu der ganzen, auf dem Roste pro Kilogramm Kohle erzeugten steht

$$\omega = \frac{\Omega}{\eta_1 k}. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

Die Formeln (3), (4) und (5) eignen sich also dazu, über den Betrag der Temperatur im Feuerraume und über die Quantität der ausgestrahlten Wärme genaueren Aufschluß zu geben.

Setzt man in dieselben die für alle Versuche constant gebliebenen Werthe, nämlich:

$$t_1 = 154$$
$$F = 29{,}5$$
$$q = 0{,}80$$
$$\sigma = 0{,}25$$

so specialisiren sie sich zu:

$$T_0 = 154 + (T_2 - 154)\, e^{0{,}0094 \sqrt[3]{[(nA+1)M]^2}} \quad . \; . \; (6)$$

$$\Omega = \eta_1 k - \frac{1}{4} (nA+1) T_0 \quad . \; . \; . \; . \; (7)$$

$$\omega = \frac{\Omega}{\eta_1 k} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (8)$$

Durch Einführung der den verschiedenen Beträgen des Rostabstandes zugehörenden Werthen von $T_2$, $(nA+1)$, M und $\eta_1 k$, welche Werthe in der Tabelle I sich vorfinden, sind dann die Ziffern der Columnen 20, 21 und 22 dieser Tabelle entstanden.

Diese Ziffern lassen directe Schlüsse auf die Abhängigkeit der ausgestrahlten Wärmemenge von dem Abstande des Rostes ziehen. Es giebt zwar $\Omega$ die ausgestrahlte Wärmemenge pro Kilogramm Kohle an, während die Ziffer dieser Wärmemenge, um für den genannten Zweck schlußfähig zu werden, auf die Einheit der Rostoberfläche bezogen werden sollte; allein dieser letzte Betrag berechnet sich, wenn man ihn mit $\Omega'$ bezeichnet, durch

$$\Omega' = \Omega \frac{M}{R} = \Omega . m, \quad . \; . \; . \; . \; . \; (9)$$

ist also der Zahl m proportional und diese Zahl laut Columne 10 für alle Rostabstände der angestellten Versuche constant, so daß also die Werthe der 21. und 22. Columne unmittelbar das Verhältniß angeben, in welchem die für verschiedene Rostabstände pro Quadratmeter Oberfläche ausgestrahlten Wärmemengen zueinander stehen.

Ein Vergleich dieser Werthe untereinander zeigt, daß, abgesehen von einigen, später zu erörternden Anomalien die ausgestrahlte, oder richtiger die in den Kessel eingestrahlte Wärmemenge mit zunehmendem Rostabstande allerdings sich vermindert hat, daß aber diese Verminderung nicht, wie angenommen zu werden pflegt, im quadratischen, sondern in einem viel schwächeren Verhältnisse zum Betrage des Rostabstandes steht. Weshalb diese scheinbare Abweichung von dem Gesetze der Wärmestrahlung vollkommen begründet ist, soll zunächst eingehender besprochen werden.

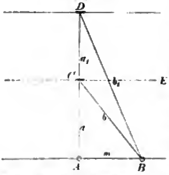
Der Ausspruch, die Intensität der strahlenden Wärme steht in umgekehrtem Verhältniß zum Quadrate der Entfernung von der Wärmequelle, heißt so viel, daß die Menge der Wärme, welche während einer bestimmten Zeitgröße von einem strahlenden materiellen Punkte ausgeht und auf die Größeneinheit einer Fläche fällt, unter sonst gleichen

Umständen dem Quadrate des Abstandes dieser Fläche von jenem materiellen Punkte umgekehrt proportional ist. Denn zunächst spricht hierfür die theoretische Erklärung, daß sich die von einem materiellen Punkte ausgehende Wärme nach allen Richtungen hin verbreitet, daß demnach, und weil man keinen Wärmeverlust annehmen kann, die Wärmemengen, welche auf concentrische, vom strahlenden Punkte als Mittelpunkt beschriebene Kugelflächen fallen, unter sich gleich sind, und daß mithin die auf die Flächeneinheit dieser Kugelflächen fallenden Wärmemengen im umgekehrten Verhältnisse zu den Totaloberflächen dieser Kugeln und demnach im umgekehrten Verhältnisse zu den Quadraten der Radien dieser Kugeln, also zu den Abständen der Flächen vom strahlenden Punkte stehen.

Zweitens spricht dafür das Melloni'sche Fundamentalexperiment, bei welchem auf die eine Kugel des Differentialthermometers in einem Abstande von 1 Längengröße eine heiße Fläche von der Quadrateinheit, auf die andere Kugel in einem Abstande von 2 Längengrößen eine gleichheiße Fläche von 4 Quadrateinheiten einwirkte und das Stehenbleiben der thermoskopischen Flüssigkeit, also die Erregung einer in beiden Kugeln des Thermometers gleichhohen Temperatur als Erfolg hatte, wegen des Princips von Wirkung = Gegenwirkung aber dieses Experiment auch so aufgefaßt werden kann, als ginge umgekehrt die strahlende Wärme von den als materielle Punkte anzusehenden Kugeln aus und fiele auf die einfach und vierfach großen, im einfachen und doppelten Abstande von den Kugeln entfernten Flächen.

Diesem Falle, auf welchen allein das Strahlungsgesetz Bezug nimmt, entspricht aber keineswegs der Fall, in welchem das auf einem Roste ausgebreitete glühende Brennmaterial Wärme gegen die directe Heizfläche ausstrahlt; denn hier wirkt nicht ein einziger materieller Punkt, sondern es wirkt eine Fläche, es wirkt eine größere Summe von materiellen Punkten. Um die Verschiedenheit des hierdurch entstehenden Erfolges zu zeigen, mögen vorläufig 2 solche Punkte gedacht werden. A (Fig. 1) sei der eine, B der andere. Die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit von A auf die sehr kleine Fläche C fällt, sei = w, diejenige, welche in derselben Zeit von B auf C fällt, = $w_1$. Ebenso seien die Wärmemengen, welche unter denselben Umständen von A und B auf die mit C gleichgroße Fläche in D fallen beziehentlich = w' und $w_1'$.

Fig. 1.




Sind alsdann die Abstände AB = m, AC = a, AD = $a_1$, BC = b, BD = $b_1$, so ist nach dem besprochenen und nach dem zweiten Strahlungsgesetze, wonach die Intensität des Wärmestrahles mit dem Sinus des Einfallwinkels abnimmt, wonach also $w' = w'' \sin BCE = w'' \frac{a}{b}$ ist, sofern w'' die von dem Strahle b auf eine zu ihm normale Fläche fallende Wärme bedeutet,

$$w_1 = \frac{a^2}{a_1^2} w$$

$$w' = \frac{a^3}{b^3} w = \frac{a^3}{(a^2+m^2)^{3/2}} w \ldots (10)$$

$$w_1' = \frac{a_1 a^2}{b_1^3} w = \frac{a_1 a^2}{(a_1^2+m^2)^{3/2}} w.$$

Die gesammte Wärmemenge W, welche auf C fällt, ist aber

$$W = w + w' \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

und diejenige, welche auf D fällt

$$W_1 = w_1 + w_1'.$$

Es ergiebt sich mithin

$$\frac{W_1}{W} = \frac{w_1 + w_1'}{w + w'} = \frac{\frac{1}{a_1^2} + \frac{a_1}{(a_1^2+m^2)^{3/2}}}{\frac{1}{a^2} + \frac{a}{(a^2+m^2)^{3/2}}} \ldots (12)$$

und dieses Verhältniß ist keineswegs $= \frac{a^2}{a_1^2}$, wie es sein müßte, wenn das Strahlungsgesetz direct auf den Fall eines Rostes und der darüberliegenden Heizfläche angewendet werden könnte. Setzt man beispielsweise a = 1, $a_1 = 2$ und m = 2, so wird

$$\frac{W_1}{W} = 0{,}31\ldots$$

während bei directer, also irrthümlicher Anwendung des Gesetzes der kleinere Werth

$$\frac{W_1}{W} = 0{,}25$$

entstünde.

Da in Wirklichkeit nicht blos 2, sondern eine große Anzahl von materiellen Punkten, oder man kann sagen von glühenden Kohlenstückchen gegen ein Element der Heizfläche ausstrahlen und dieselben auch nicht blos die hier berücksichtigten normalen Strahlen, vielmehr auch schräg von ihrer Oberfläche ausgehende emittiren, so wird dieses Verhältniß natürlich noch größer. Außerdem muß aber noch ein zweiter wichtiger Umstand berücksichtigt werden.

Dieser Umstand ist, daß die Umschließungswände des Feuerraumes nicht aus diathermanen Stoffen, sondern aus solchen bestehen, welche den größten Theil der auf sie fallenden Strahlen gegen die Heizfläche reflectiren und einen nur geringen Theil verschlucken, respective durchlassen. Die hierdurch verursachte Vermehrung der eingestrahlten Wärme-

menge verhält sich zu der durch das einfache Strahlungsgesetz angegebenen, wie beispielsweise die Lichtmenge, welche auf eine Fläche von einer Lichtquelle geworfen wird, die in einem Rohre von glatter Innenseite angebracht ist, im Vergleich zu derjenigen, welche frei im Raume steht.

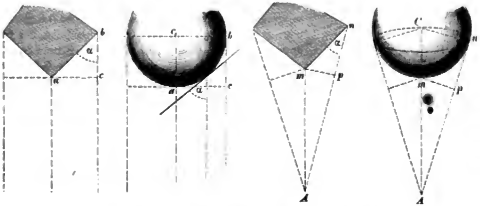
Wie sich der Endeffect unter Mitwirkung aller dieser Umstände herausstellt, ist keineswegs sehr einfach zu berechnen; aber man kann zur Beurtheilung desselben die Analogieen benutzen, welche der Vorgang der Wärmestrahlung mit den Grundsätzen der Optik und im Speciellen der Photometrie hat. Mit Herzuziehung dieser Analogieen können die hierauf bezüglichen Fragen verhältnißmäßig schnell beantwortet werden. Ich unterlasse daher um so weniger, noch weiter auf diese Punkte einzugehen, als der Gegenstand an und für sich interessant ist, es sich aber außerdem um Beseitigung eines ziemlich verbreiteten Irrthums handelt.

Die Grundsätze der Wärmestrahlung lassen sich, wie die der Lichtstrahlung aus den drei ungezwungenen Hypothesen herleiten, daß die Strahlen, sofern sie nicht durch besondere Mittel gebrochen werden, in geraden Linien sich fortpflanzen, daß die in ihnen ursprünglich, also dicht an der Strahlungsquelle enthaltene Wärmequantität unverändert bleibt, und daß die Wärmemenge, welche mehrere Strahlen oder Strahlenbündel an einen Punkt oder an ein Flächenelement abgeben, der Summe der Wärmemengen gleich kommt, die in jedem einzelnen Strahle oder Strahlenbündel enthalten sind.

Die Fundamentalgesetze, welche aus diesen Hypothesen sich unmittelbar ergeben, bestehen aus den bekannten Aussprüchen, daß die Intensität der Strahlung dem Quadrate der Entfernung von der Strahlungsquelle umgekehrt verhältnißgleich ist, was schon weiter oben erörtert wurde, daß dieselbe ferner proportional mit der ausstrahlenden und einstrahlenden Fläche und mit dem Sinus sowohl des Ausstrahlungs-, als Einstrahlungswinkels wächst, unter diesen Winkeln die Neigungen verstanden, welche der Strahl gegen die Ausstrahlungs-, respective Einstrahlungsfläche hat.

Diese Fundamentalgesetze sind in der Optik sämmtlich, in der Wärmelehre ist nur das erste und zweite auch empirisch aufgefunden, also experimentell bestätigt worden; das letzte hat man der Analogie wegen als richtig angenommen.

Fig. 2.



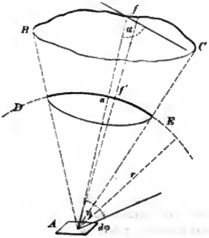

Daß das letzte für optische Vorgänge giltig ist, lehrt der Augenschein schon dadurch, daß eine gleichmäßig glühende viereckige Eisenstange als gleichhelle Fläche sich darstellt, man mag sie um ihre vertical gestellte Längenaxe drehen, wie man will, man mag also eine ihrer Seitenflächen oder eine ihrer Kanten dem Auge zukehren; dasselbe lehrt der Augenschein ferner dadurch, daß Sonne und Vollmond den Eindruck von gleichhellen Scheiben machen.

Diese Erscheinungen würden nicht so sein, wie sie sind, wenn nicht die Flächen a b und m n (Fig. 2) nicht mehr Licht dem Auge zuführten, als deren orthogonale und perspectivische Projectionen a c und m p, wenn also die von diesen Flächen a b und m n ausgehende Strahlenquantität nicht bis zu $ac = ab.\sin\alpha$ und $mp = mn.\sin\alpha$ abgeschwächt würde.

Aus diesen Betrachtungen leitet sich folgender, sowohl für die Optik als für die Wärmestrahlung giltiger, sehr wichtiger Satz ab.

Liegt in BC (Fig. 3) eine beliebig gekrümmte Fläche, welche gegen ein in A gelegenes Flächenelement $d\varphi$ Strahlen aussendet, so berechnet sich die von dem in BC enthaltene sehr kleinen Flächentheilchen f emittirte und in $d\varphi$ während des Beharrungszustandes pro Stunde eingestrahlte Wärmemenge W zufolge der oben angeführten Fundamentalgesetze durch:

Fig. 3.



$$W = \frac{w_0 . \sin \alpha . \sin \eta}{a^2} f . d\varphi,$$

sofern

- a die Entfernung von f und $d\varphi$,
- $\alpha$ den Ausstrahlungswinkel,
- $\eta$ den Einstrahlungswinkel und
- $w_0$ die Wärmequantität bedeutet, welche während des Beharrungszustandes pro Stunde, pro Flächeneinheit und pro Entfernungseinheit unter solchen Temperatur- und sonstigen Verhältnissen einstrahlt, wie sie auch für W maaßgebend sind.

Beschreibt man mit dem beliebigen Halbmesser r aus A eine Kugelfläche DC, so ist die von dieser in $d\varphi$ eingestrahlte Wärmemenge W' mit analogen Bezeichnungen

$$W' = \frac{w_0' \sin \alpha' \sin \eta'}{r^2} f' d\varphi,$$

oder da $\sin \alpha'$ in diesem Falle wegen $\alpha' = 90$ Grade $= 1$ sein muß:

$$W' = \frac{w_0' \sin \eta'}{r^2} f' d\varphi.$$

Versteht man unter f' das Flächentheilchen, welches die von den Umfangspunkten der Fläche f nach A gezogenen Strahlen aus der Fläche DE herausschneiden, so ist

$$\sin \eta' = \sin \eta \text{ und}$$

$$\frac{f . \sin \alpha}{a^2} = \frac{f'}{r^2}.$$

Es wird daher

$$\frac{W'}{W} = \frac{w_0'}{w_0},$$

d. h. die eingestrahlten Wärmemengen verhalten sich, wie die in den Flächen f und f' herrschenden Intensitäten. Nimmt man diese Intensitäten als gleich groß an, setzt man also voraus, die pro Quadrateinheit und pro Zeiteinheit nach der Entfernungseinheit ausgestrahlte Wärmequantität sei für f' ebenso groß, wie für f, so ergiebt sich, daß der Erwärmungs- oder Einstrahlungseffect im Flächenelemente $d\varphi$ ganz gleich ist, man mag das Theilchen f der Fläche BC, oder dasjenige f' der Fläche DE wirken lassen. Mit andern Worten heißt dies aber auch, daß man unter Voraussetzung gleicher Intensität den Flächentheil f' für den Flächentheil f substituiren kann.

Dieser Ausspruch läßt sich leicht auf die ganzen Flächen BC und DE ausdehnen; man braucht nur von den Umfangspunkten der Fläche BC nach A Strahlen zu ziehen und mit denselben die Fläche DE zu begrenzen, man braucht also nur einen Kegel herzustellen, dessen Scheitel in A liegt und dessen Directrix die Fläche BC ist; die von dem Kegelmantel begrenzte Kugelfläche ist alsdann die Fläche, welche, unter der Voraussetzung, daß die Ausstrahlungsintensität ihrer Elemente derjenigen der correspondirenden Punkte der ersten Fläche gleichkommt, dieselbe Wirkung auf $d\varphi$ äußert, wie diese erste Fläche, welche also für die erste Fläche substituirt werden kann. Der Halbmesser der Kugelfläche DE war ganz beliebig; es sind daher für die erste Fläche alle Kugelflächen substitutionsfähig, welche zwischen dem genannten Kegel liegen und gleiche Ausstrahlungs-Intensität haben.

Wendet man dieses Ergebniß auf den Fall der Roststrahlung an, so ergiebt sich, daß für die rauhe, viereckige Oberfläche des glühenden Brennmaterials die glatte Innenfläche eines sphärischen Vierecks substituirt werden kann, dessen zugehörige Kugel einen beliebigen Radius und einen Punkt der Heizfläche als Centrum hat, und welches von einer Pyramide begrenzt wird, deren Directrix der Umfang des Rostes ist, und deren Spitze in dem betrachteten Punkte der Heizfläche liegt.

Es ist aber zu bedenken, daß nicht nur die glühende Oberfläche des Brennmaterials, sondern daß auch die glühenden Seitenwände des Feuerraumes wenigstens mittelbar gegen die Heizfläche ausstrahlen. Wird angenommen, Rostoberfläche und Seitenwände seien eine zusammenhängende Fläche von überall gleicher Strahlungsintensität, so kann für diese Fläche eine Kugelfläche substituirt werden, deren Centrum in einem Punkte der Heizfläche liegt, und die durch Strahlen begrenzt wird, welche von dem betrachteten Punkte der Heizfläche ausgehend den oberen Rand der Seitenwände berühren. Diese Kugelfläche ist aber, da die Seitenwände des Feuerraumes bis an die Heizfläche hinanreichen, nichts anderes, als eine Hemisphäre, deren Centrum in dem betrachteten Punkte der Heizfläche liegt.

Für die Lichtquantität Q, welche die Hemisphäre einem im Mittelpunkte befindlichen Flächenelemente zusendet, findet Dr. Beer auf Seite 28 seines „Photometrischen Calcüles" die Formel

$$Q = J . df' \pi,$$

worin J die Intensität der Leuchtkraft, $\pi$ die Ludolph'sche Zahl und $df'$ die Größe des erleuchteten Flächenelementes bedeutet. Die Wärmemenge $W_1$, welche in ein in der Mitte der Heizfläche gelegenes Flächenelement $d\varphi$ einstrahlt, würde daher sein

$$W_1 = w_0 \, d\psi . \pi.$$

Hieraus geht aber hervor, daß dieselbe ganz unabhängig von dem Abstande des Rostes, also stets von gleichem Betrage ist, der Rost mag nahe an der Heizfläche liegen oder entfernt davon sein.

Dieses für alle Diejenigen, welche bisher an die Richtigkeit der Strahlungsschwächung mit dem Quadrate des Rostabstandes geglaubt haben, gewiß überraschende Resultat, läßt sich auch ohne irgend welche Rechnung höchst einfach aus einem der Fundamentalsätze der Strahlung herleiten. Es bedarf dazu nur der Erwähnung, daß die Wärmestrahlen

in einem Feuerraume zwar von Wand zu Wand hin- und herreflectirt werden, aber aus demselben nicht entweichen können, und daß jener Fundamentalsatz heißt: von der Wärmemenge, welche ursprünglich in einem Strahl enthalten ist, geht nichts verloren.

In der That muß im Beharrungszustande der Vorgänge, von welchem hier nur geredet wird, die Heizfläche die ganze ausgestrahlte Wärme auffangen, der Rost mag einen Abstand haben, welchen er wolle. Man stelle sich vor, daß nur ein einziges Stück glühendes Brennmaterial auf den Rost gelegt würde. Dieses Stück wird nach allen Richtungen Strahlen aussenden, welche sich auf der directen Heizfläche und auf den Seitenwänden des Feuerraumes verbreiten. Anfangs wird von den Seitenwänden der größere Theil der auf sie treffenden Strahlen verschluckt und nur der geringere gegen die Heizfläche reflectirt. Wird das Brennmaterial fortwährend erneuert oder das gedachte Stück beständig in demselben Ausstrahlungszustande erhalten, so tritt aber nach kürzerer oder längerer Zeitdauer ein Zustand in den Strahlungsvorgängen ein, wo die Oberfläche der Seitenwände eine constant bleibende Erhitzung angenommen hat, wo fast alle Wärme reflectirt wird und nur derjenige Theil nicht in die Heizfläche gelangt, welchen die Ursachen der Leitungsfähigkeit durch die Umfangswände des Feuerraumes abführen. Würde also in diesem Zustande, dem sogenannten Beharrungszustande, was bei den obigen Rechnungen und Betrachtungen vorausgesetzt wurde, die Umfangswand des Feuerraumes keine Wärme leiten, oder mit andern Worten von außen nicht abgekühlt werden, so würde die ganze ausgestrahlte Wärmemenge in die Heizfläche dringen, und diese Wärmemenge würde unter sonst gleichen Umständen dieselbe bleiben, der Rost möchte einen großen oder geringen Abstand von der Heizfläche haben.

Ich hätte, um den Irrthum bezüglich der Abschwächung der Strahlung zu beseitigen, nur diese kurze Betrachtung anzustellen brauchen und nicht nöthig gehabt, die Beziehungen zu der Optik zu Hilfe zu nehmen, wenn ich nicht glaubte, den Endausspruch dadurch kräftigen zu müssen, und wenn ich nicht vorgehabt hätte, mit denselben auch auf einen zweiten Irrthum aufmerksam zu machen, welcher dem ersten zu Grunde liegt.

Dieser Irrthum besteht in der verkehrten Auffassung auch des einfachen Strahlungsgesetzes. Man pflegt von einigen Seiten irrthümlich zu meinen, das Strahlungsgesetz sage aus, die Intensität eines Wärmestrahls schwäche sich dadurch ab, daß der Strahl mit der Entfernung an Wärmemenge einbüße, und hieraus den alsdann ganz richtigen Schluß zu ziehen, daß die gesammte eingestrahlte Wärmemenge mit der Entfernung des Rostes abnehme.

Inwiefern diese Auffassung eine irrige ist, wird nun aus den in Beziehung zur Optik gebrachten Erörterungen hervorgehen. Diese Erörterungen zeigen, daß die Abschwächung der Intensität mit dem Quadrate der Entfernung gerade aus der Annahme eines mit der Entfernung Constantbleibens der Gesammtwärmemenge folgt, und daß diese Abschwächung der Intensität nur dann Platz greift, wenn die constant bleibende Wärme auf einer mit der Entfernung wachsenden Fläche sich verbreiten kann; sie zeigen ferner, daß die Voraussetzung oder das Axiom vom Constantbleiben der Wärmemenge den Folgerungen zu Grunde liegt, welche man in der mathematischen Optik oder überhaupt Strahlungstheorie gezogen und mit der Wirklichkeit im Einklang befunden hat.

Sonach steht der Satz fest, daß der Abstand des Rostes von der Heizfläche gar keinen Einfluß auf die eingestrahlte Wärmemenge, oder doch nur in sofern hat, als mit ihm die äußere Oberfläche des Feuerraumes und in Folge dessen der durch Abkühlung entstehende Wärmeverlust zunimmt.

Hervorgehoben kann hierbei noch werden, was übrigens auch die ganz im Anfange über diesen Gegenstand angestellten Betrachtungen aussagen, daß dieser Satz so ganz anders als der Ausspruch des einfachen Strahlungsgesetzes nicht blos deshalb gestaltet ist, weil die glühenden und reflectirenden Seitenwände des Feuerraumes eine vorwiegende Mitwirkung haben, sondern auch deshalb, weil das Strahlungsgesetz nur auf den Vorgang der einfachen Elementarstrahlung sich bezieht, die Erscheinungen aber, welche bei einem strahlenden Roste auftreten, selbst wenn man sich die Seitenwände des Feuerraumes weggenommen oder als als absolut diatherman denkt, sich so zu sagen aus der einfachen und mehrfachen Strahlung zusammensetzen.

Für die Erleuchtung einer Kreisfläche durch eine andere über ihr im Zenith schwebende erhält Dr. Beer auf Seite 62 seines oben citirten Werkes:

$$Q = \frac{1}{2} J \cdot \pi^2 \left\{ h^2 + r^2 + R^2 - \sqrt{[h^2 + (R+r)^2]\,[h^2 + (R-r)^2]} \right\},$$

wo J die Leuchtkraft, h den Abstand beider Flächen, r und R die Halbmesser der respective leuchtenden und erleuchteten Kreise bedeuten. Hiernach würde das Verhältniß der Wärmequantitäten $W_1$ und $W_2$, welche bei den Abständen $h_1$ und $h_2$ in eine Heizfläche eingestrahlt werden, die kreisförmig, dem Roste parallel und von gleichem Halbmesser r wie dieser ist, sich berechnen durch

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{h_1^2 + 2r^2 - h_1\sqrt{h_1^2 + 4r^2}}{h_2^2 + 2r^2 - h_2\sqrt{h_2^2 + 4r^2}},$$

also, wenn beispielsweise $r = 0{,}5$ Meter, $h_1 = 0{,}6$ und $h_2 = 0{,}3$ gesetzt wird:

$$\frac{W_1}{W_2} = 0{,}58\ \ldots,$$

während nach dem einfachen Strahlungsgesetze

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{(0{,}3)^2}{(0{,}6)^2} = 0{,}25$$

sich ergeben würde. —

Betrachten wir nach diesen Erörterungen über die Strahlung die Ziffern der Columnen 21 und 22, so müssen wir annehmen, daß die mit der Entfernung wachsende Abnahme derselben blos von der vermehrten Abkühlung herrührt, welche der Feuerraum in Folge der mit zunehmendem Rostabstande sich vergrößernden Oberfläche erfuhr und daß sämmtliche Ziffern dieser Columnen denselben Werth erhalten werden, sobald wir ihnen diesen Abkühlungsbetrag addiren. Mit Hilfe der schon früher benutzten Péclet'schen Coefficienten berechnet sich diese Abkühlungsmenge folgendermaaßen.

Der Vorgang dieser Abkühlung ist so anzusehen, daß die Strahlung eine Erhitzung der Oberfläche der Seitenwände bis zu einer gewissen Temperatur bewirkt, und daß nach Maaßgabe dieser Temperatur eine Leitung der Wärme nach außen stattfindet. Der Widerstand, welchen die Oberfläche der Aufnahme von Wärme im Falle eines sie berührenden Gases entgegensetzt, fällt hiernach bei vorliegendem Vorgange weg und es bleibt nur der Widerstand der Leitung und derjenige der Ausstrahlung der äußeren Oberfläche. Sonach wird alsdann die Formel zur Berechnung des Wärmeüberführungscoefficienten (siehe Seite 351)

$$w = \frac{1}{\frac{1}{6{,}6} + \frac{1}{0{,}6}\,\delta},$$

wo $\delta$ die Dicke der abkühlenden Mauer bedeutet, und die Formel zur Berechnung der Abkühlungsmenge

$$A_1 = \Sigma w\,(T - t)\,f,$$

wo $f$ die Größe der abkühlenden Oberfläche, t die äußere Temperatur und T die Temperatur der inneren Oberfläche, also die durch die Strahlung erzeugte Temperatur ist, und das Zeichen $\Sigma$ andeutet, daß dieser Ausdruck als eine Summe von gleichgeformten Gliedern behandelt werden muß, sobald Verschiedenheiten in w, t oder $f$ auftreten.

Im vorliegenden Falle, wo die Seitenwände des Feuerraumes einestheils an den neben dem Versuchskessel stehenden Kessel, anderntheils an den Canal des Vorwärmers stoßen, wirkt als Abkühlungsfläche nur die Vorderwand des Feuerraumes und in geringem Grade die letztgenannte an den Vorwärmer stoßende Mauer.

Für erstere ist $d = 0{,}3$, für die zweite

$$= \frac{0{,}5 + 0{,}3}{2} = 0{,}4 \text{ und demnach}$$

$$w = \frac{1}{\frac{1}{6{,}6} + \frac{0}{0{,}6}\,0{,}3} = 1{,}66 \text{ respective}$$

$$w = \frac{1}{\frac{1}{6{,}6} + \frac{1}{0{,}6}\,.\,0{,}4} = 1{,}32.$$

Für erstere ist ferner t = der äußeren Temperatur, also etwa = 20, für die zweite t = der Temperatur im mittleren Vorwärmercanal, also laut Tabelle I etwa = 300.

Für erstere ist endlich $f$, wenn man vorläufig die Höhe = 1 setzt, = 1,3, für die zweite $f$ = 1,6 Quadratmeter. Nimmt man alsdann an, daß die Temperatur T der Maueroberfläche derjenigen gleichzusetzen sei, welche das glühende Brennmaterial haben würde, im Falle gar keine Strahlung stattfände, und welche sich alsdann zu $\frac{\eta_1 k}{(n A + 1)\sigma}$, also höchstens zu $\frac{6342\,.\,4}{15{,}7} = 1620$ berechnet, so ergiebt sich:

$$A_1 = 1{,}66\,.\,(1620 - 20)\,.\,1{,}3 + 1{,}32\,.\,(1620 - 300)\,.\,1{,}6 = 6240$$

und demnach die pro Meter Feuerraumshöhe und pro Kilogr. in der Stunde verbrannter Kohle verschwundene Abkühlungsmenge

$$= \frac{6240}{105} = 60 \text{ Calorieen.}$$

Hiernach müßte die erste der Ziffern der Columne 22 einen Zuschlag von 0,3 . 60 = 18, die letzte einen Zuschlag von 0,65 . 60 = 39 erhalten, um diejenige anzugeben, welche dem Betrage der ausgestrahlten Wärme wirklich gleichkommt, und ein gleicher Zuschlag würde den Zahlen der Columne 18 zu ertheilen sein.

Wie man sieht, reichen diese Zuschläge, welche übrigens absichtlich mit Annahmen berechnet sind, die ihnen eher einen zu bedeutenden als zu geringen Betrag ertheilt haben, keineswegs hin, die Ziffern der Columne 21 einander gleich zu machen, wie es der Fall sein müßte, wenn sie dem von uns gefundenen Ausspruche bezüglich der Strahlung sich gemäß verhielten. Es fragt sich daher, ob dieser Ausspruch durch irgend welchen Umstand noch modificirt werden muß, oder ob anzunehmen ist, daß die hervortretenden Differenzen von Ungenauigkeiten herrühren, die sich entweder in unsere Rechnungen oder in die Beobachtung eingeschlichen haben. In diesem Sinne stelle ich nachfolgende Erwägungen an.

Wie man durch Einblick in die Rechnung, welche zu den Ziffern der Columne 21 führte, erkennen wird, hängen diese Ziffern von dem Beobachtungsdatum ab, welches sich auf die Temperatur $T_2$ der den Hauptkessel verlassenden Gase bezieht. Diese Temperatur wurde aber, wie der Herr Experimentator selbst (Seite 347) anführt und hervorhebt, nicht ganz genau, weil für die Angabefähigkeit der Instru-

mente zu hoch, ermittelt. Ich würde daher statt dieser die verläßlicher ermittelte Temperatur $T_1$ am Ende des ganzen Kessels gewählt und in die Formeln nach geringer Umgestaltung derselben eingeführt haben, wenn nicht Umstände, von denen ich später ausführlicher sprechen muß, mir davon abgerathen hätten.

Schon aus diesem Grunde können Differenzen in den beredeten Ziffern entstanden sein. Aber es ist auch ohne Verdächtigung der Sorgfalt in der Bedienung anzunehmen, daß der Zustand der Brennmaterialoberfläche, insofern er auf die Menge der ausgestrahlten Wärme Einfluß hat, bei allen Versuchen nicht immer derselbe blieb, sondern in dem Maaße sich änderte, daß der übrigbleibende Antheil an den verhältnißmäßig geringen Abweichungen ihm wohl zur Last gelegt werden kann.

Was ferner Ungenauigkeiten betrifft, die durch unsere Rechnung entstanden sein können, so ist zu bemerken, daß die Temperatur $T_0$ durch eine Formel ermittelt wurde (3), in welcher der Coefficient w vorkommt, und daß erstens der Ausdruck für diesen Coefficienten nicht ganz richtig und zweitens die Bedingung nicht genau erfüllt sein kann, welche der Herleitung dieses Ausdrucks zu Grunde liegt.

Die Formel für den Coefficienten, wie sie aus den 1859'er Experimenten abgeleitet wurde, war

$$w = 1{,}2 \sqrt[3]{\frac{(n A + 1) M}{q}}.$$

Darin ist der Factor 1,2 ein Coefficient, welcher von der Materialart, der Beschaffenheit und in geringem Grade auch von der Wandstärke der Heizfläche abhängt.

Es fragt sich, ob dieser Betrag 1,2, wie er aus den Versuchen mit anderen Kesseln abgeleitet wurde, auch auf vorliegenden Apparat paßt. Zu Beantwortung dieser Frage wäre es zweckmäßig gewesen, eine ähnliche Rechnung, wie mit den Versuchskesseln von 1859, auch hier vorzunehmen. Der Grund, weshalb es nicht geschah, ist derselbe, welcher mich bewog, zu Berechnung der Temperatur $T_0$ die Temperatur $T_2$ und nicht die Temperatur $T_1$ in die Rechnung einzuführen.

Er besteht darin, daß bei Verwendung der Temperatur $T_1$ die für Gegenstrom-Heizflächen giltigen Formeln hätten herzugezogen werden müssen, diese Formeln aber auf vorliegenden Fall deshalb nicht ganz genau passen, weil die 6 Vorwärmer nur sehr angenähert, wie Gegenströmer wirkten. Abgesehen nämlich davon, daß in den ziemlich voluminösen Vorwärmerröhren nicht blos Erhitzung, wie es bei einem Gegenstromapparate der Fall sein muß, sondern auch Verdampfung stattfand — ein Umstand, dessen Existenz durch einfache Rechnung leicht erwiesen werden kann, welcher übrigens aber für die Genauigkeit der beredeten Untersuchung hätte unschädlich gemacht werden können — so tritt eine veränderte Wirkungsweise vornehmlich auch dadurch auf, daß die Scheidewände der Canäle nicht aus nicht- oder schlechtleitendem Material, sondern aus gußeisernen Platten bestehen und demnach die Wärme der Gase von einem Canal zum andern in ziemlich beträchtlichem Grade direct überleiten. Die Verbrennungsproducte am Ende des zweiten Canales, in welchem dieselben von den viel heißeren Gasen des darüber gelegenen ersten Canales nur durch die gut leitende gußeiserne Wand getrennt sind, nehmen hierdurch eine viel höhere oder viel weniger niedrige Temperatur an, als sie sonst haben würden, und ebenso ist es mit denen des dritten Canales. Die Folge hiervon würde sein, daß durch Einführung der beobachteten, diesen Umständen entsprechenden Temperaturen in die für Gegenstromapparate abgeleiteten Formeln viel zu kleine Werthe für den Coefficienten w entstünden.

Da die beredeten Vorgänge der directen Ueberleitung einer gewissen Gesetzmäßigkeit unterworfen sind, so lassen sich auch für diesen Fall genaue Formeln ableiten; ich habe diese Ableitung auch vorgenommen und gedenke sie als an und für sich interessant und nützlich zum Gegenstande eines demnächst zu veröffentlichenden Aufsatzes zu machen. Aber die Formeln sind so complicirt, daß man um so weniger geneigt ist, sich der Mühe einer häufig zu wiederholenden numerischen Behandlung, wie sie hier nothwendig sein würde, zu unterziehen, als man wegen der oben erwähnten Erscheinung der partiellen Verdampfung in den Vorwärmerröhren ganz verläßliche Resultate doch nicht erwarten kann, und als man außerdem auch annehmen muß, daß wenn auch ziemlich gut mit der Wirklichkeit übereinstimmende Resultate zum Vorschein kämen, dieselben doch nicht geeignet sein würden, die hier beredeten Differenzen ganz auszugleichen und zu erklären.

Uebrigens mag erwähnt sein, daß wenn der Coefficient w für die Versuche, welche den größeren Rostabständen zugehören, kleiner sein sollte, als hier angenommen wurde, auch die Temperaturen $T_0$ für diese Versuche sich kleiner ergeben haben würden, und alsdann die zugehörigen Quantitäten der aus-, respective eingestrahlten Wärme größer ausgefallen wären; hierdurch aber gleichzeitig auch die Anomalien sich erklärten, wonach die strahlende Wärme bei höheren Beträgen der Temperatur $T_0$ sich kleiner als bei geringeren darstellen, und wonach in gleicher Weise die erste Ziffer der Columne 21 kleiner ist, als die folgenden, größeren Rostabständen entsprechenden.

Das Resumé dieser Erörterungen würde sein, daß die Abweichungen zwischen den beobachteten Ziffern und den theoretischen Aussprüchen durch Beobachtungsfehler sich allerdings nicht bestimmt erweisen lassen, aber doch durch solche bis zu einem Grade wahrscheinlich werden, um wenigstens

nicht als Beweise gegen die Richtigkeit der Theorie oder der theoretischen Anschauung auftreten zu können. —

Indem daher der hervorgehobene Satz von der Einflußlosigkeit des Rostabstandes auf die eingestrahlte Wärmequantität unbeanstandet bleibt, wende ich mich zu den übrigen Beobachtungsdaten. Ich betrachte zunächst die Ziffern der Columne 18, füge denselben aber die vermehrten Abkühlungsmengen zu, welche durch vergrößerten Rostabstand, also durch vergrößerte Oberfläche des Feuerraumes entstehen, und welche sich aus den auf Seite 364 gemachten Angaben berechnen lassen. Diese Ziffern werden alsdann:

| Rostabstand | $\eta_1 k$ | n | $\left(\frac{a}{M}\right)$ |
|---|---|---|---|
| 0,30 | 6055 | 1,20 | 7,93 |
| 0,35 | 6214 | 1,23 | 8,06 |
| 0,40 | 6199 | 1,23 | 8,04 |
| 0,45 | 6360 | 1,43 | 8,10 |
| 0,50 | 6372 | 1,34 | 8,15 |
| 0,55 | 6308 | 1,20 | 8,25 |
| 0,60 | 6301 | 1,30 | 8,12 |
| 0,65 | 6279 | 1,37 | 7,99 |

Die Werthe der Verhältnißzahl n und der Zahl $\left(\frac{a}{M}\right)$ sind beigefügt, um später anzustellende Vergleiche zu erleichtern.

Bei Betrachtung dieser Ziffern wirft sich die Frage auf, wie es kommt, daß die bei der Verbrennung erzeugte Gesammtwärmemenge, welche sie angeben, verschieden groß, für verschieden große Rostabstände ist. Weshalb diese Wärmemenge für sehr kleine Beträge des Rostabstandes geringer als für große ausfällt, hat der Herr Experimentator bereits erklärt, indem er den gewiß für richtig zu haltenden Grund anführt, bei niedrigem Feuerraume könnten sich die aus dem Brennmaterial hervorgehenden Gase nicht vollkommen genug mit der Luft mischen, sie würden auch zu schnell in die Canäle geführt und die Flamme erlösche an der zu nahe gerückten kalten Fläche des Kessels. Es bleibt daher nur noch zu erörtern übrig, in wiefern größere Rostabstände als solche von mittlerem Betrage den Effect schwächen.

Ich will der Einfachheit und des leichteren Verständnisses wegen im Speciellen von den beiden Abständen 0,50 und 0,65 sprechen. Es wäre also zu erörtern, woher es kommt, daß bei dem letzten nur 6279 Calorien erzeugt sind, während beim ersteren deren 6372 entwickelt wurden.

Da der vermehrten äußeren Abkühlung bereits gedacht und dieselbe in den vorliegenden Ziffern enthalten ist, so sehe ich keine weiteren Ursachen, als zwei. Die erste davon ist, daß eine gewisse Abkühlung der Verbrennungsgase durch die kalte, über dem Feuerraume gelegene Kesselfläche, also eine Abkühlung, nicht so stark, wie bei sehr niedrigem Feuerraume, aber auch nicht so schwach, wie bei sehr entfernt liegender Heizfläche, auf die Verbrennung günstigen Einfluß hat. Die zweite Ursache ist, daß die von den Umfassungswänden des Feuerraumes ausgehende, gegen die Brennmaterialfläche rückstrahlende Wärme den Verbrennungsproceß ungünstig beeinflußt.

Ueber diesen letzten Punkt muß ich mich etwas umfänglicher aussprechen.

Die den erzielten Wärmeeffect angebende Ziffer ist der Ausdruck nicht blos für das Ergebniß des Beharrungszustandes im Verbrennungsprocesse, sondern für den ganzen Umfang dieses Vorganges. Sie schließt daher die Wirkungen sowohl der Vorgänge ein, welche beim Fortbrennen der glühenden Kohle, als die, welche beim Anbrennen des eben eingetragenen Brennmaterials auftreten. Man denke sich eine gewisse Kohlenquantität eingeworfen. Die kurz vorher glühend gewesene Brennmaterialoberfläche wird hierdurch eine verhältnißmäßig kalte, und während vorher eine Strahlung von der Rostoberfläche nach der Heizfläche und nach den Umfangswänden des Feuerraumes stattfand, bildet sich jetzt eine Rückstrahlung von diesen Flächen nach jener. Im Verein mit dem unterhalb liegenden, noch glühenden Brennmaterial wird hierdurch das Entzünden bewirkt, d. h. es wird in den einzelnen Brennmaterialstücken, wie in kleinen Retorten, eine Destillation, eine Entwickelung von Gasen und alsdann ein Entflammen dieser Gase veranlaßt.

In dem Maaße nun, als die Strahlung von den Umfangswänden des Feuerraumes an Intensität zunimmt, wird auch die Energie und Geschwindigkeit der Destillation oder Gasentwickelung wachsen, und so ist ein Grad dieser Energie oder Geschwindigkeit denkbar, bei welchem Gasquantitäten derartig im Uebermaaß entstehen, daß sie zum Theil unentzündet oder unvollkommen verbrannt, weil mit der relativ spärlicher eintretenden Luft nicht ausreichend, aus dem Feuerraume entweichen. Die Intensität der Rückstrahlung nimmt aber in dem Grade zu, als die Strahlungsfläche und als demnach der Rostabstand wächst. Mithin gelangt man zu dem Schluß, daß mit zunehmendem Rostabstande die Quantitäten unverbrannt entströmender Verbrennungsproducte sich vermehren, und daß ein zu großer Rostabstand hierdurch Ursache für eine weniger vollkommene Verbrennung wird.

Findet sich somit für die Differenz der den Abständen 0,50 und 0,65 zugehörenden Werthe eine theoretische Erklärung, so will ich doch nicht verabsäumen, auch auf die Umstände aufmerksam zu machen, welche diese Differenz durch Ungenauigkeit in der Beobachtung verursacht haben könnten.

Es ist mehrfach von mir hervorgehoben, von welchem bedeutenden Einflusse auf eine gute Verbrennung die eingeführten Luftmengen sind. In gleicher Würdigung dieses

Einflusses hat der Herr Experimentator dahin gestrebt, diese Luftmengen bei allen Versuchen den gleichen Betrag annehmen zu lassen. Wie indessen aus den der obigen Zusammenstellung beigefügten Ziffern für n ersehen werden kann, ist es doch nicht gelungen, eine vollkommene Identität in dieser Beziehung zu erzielen. Für die Rostabstände 0,3 bis 0,45 sind die Luftmengen, wenn auch nicht erheblich, so doch immerhin kleiner, als für 0,45 und 0,50. Es muß daher die bei den ersten Ziffern hervortretende Erscheinung einer geringeren Wärmeentwickelung auch diesem Umstande zur Last gelegt werden, so daß sich mit Rücksicht hierauf die Werthe der Columne (18), und ebenso die der Columne (19) immermehr ausgleichen, und daß mithin der bloße Abstand des Rostes auf den Wirkungsgrad des Feuerraumes als ein immer geringerer erscheint.

Ferner muß beachtet werden, daß die Schichtdicke des auf dem Roste liegenden Brennmateriales einen Einfluß hat, welcher keineswegs ohne Belang ist, welcher aber bei vorliegenden Versuchen ganz außer Acht gelassen wurde. Dieser Einfluß macht sich durch folgende Vorgänge geltend.

Die Verbrennung, d. h. die chemische Vereinigung des Sauerstoffs mit den brennbaren Gasen, geht, vorzüglich bei den wenig flammenden Brennmaterialien, also auch bei den wasserstoffärmeren Steinkohlen, zumeist innerhalb der glühenden Brennmaterialschicht vor sich. Je günstiger daher die Bedingungen sind, welche innerhalb dieser Schicht für den Verbrennungsproceß erfüllt werden, desto günstiger ist die Wärmeentwickelung. Die hauptsächlichste dieser Bedingungen besteht aber wohl darin, daß der besondere Betrag der Schichtdicke der Einwirkung der durchströmenden Luft auf die sich entwickelnden Gase eine ganz bestimmte Zeitdauer beilegt; ist diese Zeitdauer zu kurz, so hat die Verbrennungsluft keine ausreichende Gelegenheit, mit den brennbaren Gasen in genügend innige Berührung zu treten, ist sie zu lang, so werden sämmtliche Gase schon in der Mitte oder in $^2/_3$ der Höhe der Brennmaterialschicht zu Kohlensäure verbrannt und durch die obere Hälfte oder das übrige Drittel der Schichthöhe in Kohlenoxydgas ganz oder theilweise zurückverwandelt. Die Oefen für Generatorgase liefern hierfür den praktischen Beleg.

Aus dieser bestimmten, für die Verbrennung vortheilhaftesten Zeitdauer der Einwirkung oder Zeitdauer der Durchströmung der Luft durch das Brennmaterial berechnet sich aber die vortheilhafteste Schichtdicke in folgender Weise.

- z bedeute diese Zeit in Secunden,
- $\delta$ die Schichtdicke in Metern,
- v die mittlere Geschwindigkeit der durchströmenden Luft,

so schreibt sich zunächst

$$\psi\delta = v \cdot z,$$

sofern $\psi\delta$ die mittlere Länge des gewundenen Weges bezeichnet, welchen ein durch das Brennmaterial strömendes Lufttheilchen durchläuft und demnach

- $\psi$ als ein Coefficient angesehen werden kann, welcher empirisch ermittelt werden muß.

Bedeutet ferner:

- $t_2$ die mittlere Temperatur innerhalb der Brennmaterialschicht,
- $\gamma_0$ die Dichtigkeit der Luft bei 0 Grad,
- R die ganze Rostoberfläche in Quadratmetern,
- $\beta R$ die Summe der horizontalen Querschnitte der Brennmaterialzwischenräume, welche man erhält, wenn man eine dem Roste parallele Ebene durch das Brennmaterial gelegt denkt,

so ist mit Hilfe der schon früher verwendeten Bezeichnungen

$$nAM = 3600 . \beta . R . v . \frac{\gamma_0}{(1 + \alpha t_2)}$$

und daher

$$\delta = \frac{nAM\,(1 + \alpha t_2)}{3600 . \gamma_0 . \beta . R} . \frac{z}{\psi}$$

und wegen $\frac{M}{R} = m$, sofern

- m die pro Quadratmeter Rostfläche und pro Stunde verbrauchte Brennmaterialmenge bedeutet,

$$\delta = \frac{nA\,(1 + \alpha t_2)}{3600 . \gamma_0 . \beta}\, m . \frac{z}{\psi} .$$

Für einen andern Rost oder für andere Verhältnisse desselben Rostes würde man mit analogen Bezeichnungen haben

$$\delta' = \frac{(nA)'\,(1 + \alpha t_2')}{3600\,\gamma_0\,\beta'}\, m' \frac{z'}{\psi'}$$

und hieraus ergiebt sich, weil nach den oben erörterten Gründen $z = z'$ sein muß,

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{nA\,(1 + \alpha t_2)\, m}{(nA)'\,(1 + \alpha t_2')\, m'}\; \frac{\beta' \psi'}{\beta \psi} .$$

Bei den vorliegenden Versuchen, bei welchen durchweg dieselbe Kohlensorte unter auch sonst gleichen Bedingungen zur Verwendung kam, darf wohl $\beta' = \beta$, $\psi' = \psi$ angenommen werden; es ergiebt sich daher, da auch $m' = m = 49$ durchweg war

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{(nA)\,(1 + \alpha t_2)}{(nA)'\,(1 + \alpha t_2')} ,$$

d. h. wenn jeder Versuch einer für die Verbrennung gleichgünstigen Bedingung unterworfen sein sollte, so müßte die während dieses Versuches innegehaltene Schichtdicke $\delta$ zu derjenigen $\delta'$ eines anderen sich verhalten haben, wie die Zahlen $(nA)\,(1 + \alpha t_2)$ und $(nA)'\,(1 + \alpha t_2')$.

Im Vergleich des letzten Versuches mit dem auf den Rostabstand 0,45 bezüglichen erhält man hiernach

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{67{,}9}{63{,}6} = 1{,}07,$$

im Vergleich des ersten mit diesem

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{56{,}4}{63{,}6} = 0{,}88.$$

Wäre also die glühende Schichtdicke bei 0,45 Rostabstand 10 Centimeter gewesen, so hätte sie bei den auf 0,65 Rostabstand Bezug nehmenden Versuchen 10,7 Centimeter, bei den auf 0,30 Bezug nehmenden 8,8 Centimeter betragen müssen.

Da hierauf nicht geachtet wurde, übrigens aber auch nicht blos der fast unübersteiglichen Schwierigkeiten halber, sondern auch deshalb nicht geachtet werden konnte, weil jene Werthe erst aus den Resultaten der Beobachtung ermittelt werden können, so ist es möglich, daß auch hierdurch in den die entwickelten Wärmemengen oder die Wirkungsgrade angebenden Ziffern Verschiedenheiten entstanden sind, welche dem Einflusse des Rostabstandes fern liegen.

Indem ich somit alle, mir von Wichtigkeit erschienenen Punkte in Erwägung gezogen habe, gelange ich zu folgender Resumtion.

Der Herr Experimentator zieht aus den Ziffern, welche die pro Kilogr. Kohle erzeugten Dampfmengen angeben, den Schluß, daß der Betrag 0,55 Meter den vortheilhaftesten Rostabstand bezeichne, und daß dieser Betrag sich deshalb als der vortheilhafteste erwiesen haben möchte, weil mit Verminderung desselben eine ungenügende Verbrennung, mit Vermehrung desselben eine zu starke Schwächung der strahlenden Wärme verknüpft sei.

Ich zerlege diese Ziffern, welche die gemeinsame Wirkung der Wärmeerzeugung, Wärmestrahlung und Wärmeübertragung in sich schließen, in diese drei Einzelfactoren. Ich fand durch theoretische Betrachtungen, daß der Rostabstand auf die Menge der eingestrahlten Wärme einflußlos sei, und daß daher die Abnahme der Dampferzeugung mit wachsendem Rostabstande in andern Ursachen gesucht werden müsse.

Ich fand, daß diese Ursachen zum Theil in dem Umstande gefunden werden könnten, wonach eine Abkühlung der Flamme bis zu gewissem Grade günstig ist, und wonach die Rückstrahlung gegen das frisch eingetragene Brennmaterial die unverbrannten Gasmengen vermehrt, zum Theil aber auch in dem Umstande, wonach bei den mit größeren Rostabständen angestellten Versuchen stärkere Rußablagerungen an der Heizfläche sich gebildet und dadurch die Vorgänge der Wärmeübertragung sich abgeschwächt hätten.

Ich fand ferner, daß die Verminderung der strahlenden Wärme, die mit wachsendem Rostabstand durch vermehrte äußere Abkühlung entsteht, außerordentlich gering ist.

Ich fand endlich, daß der Minderbetrag der Ziffern für die Dampferzeugung, welche den kleineren Rostabständen angehören, nicht nur den Ursachen zuzuschreiben ist, welche sich aus der Abkühlung der Flamme durch zu nahen Kesselboden herleiten lassen, sondern daß er auch von Ursachen herzurühren scheint, welche theils von dem Einflusse einer zu geringen Verbrennungsluftmenge, theils von einer ungünstigen Schichtdicke des Brennmaterials abhängen.

Hieraus glaube ich denn den Schluß ziehen zu müssen, daß der besondere Betrag des Rostabstandes, sofern er ein nicht gar zu geringer oder gar zu bedeutender ist, irgend welcher sein kann, ohne die Dampferzeugungsfähigkeit oder den Gesammtwirkungsgrad eines Dampfkessels bemerkbar zu beeinflussen, und daß er daher bei der Construction besondere Berücksichtigung nicht nöthig macht.

# Project zu einem Stollnausbau mittelst Eisen.

Von

**W. Schleifenbaum,** aus Littfeld.

(Hierzu Tafel 19 und 20.)

Das Eisen hat in der Technik als Baumaterial eine so außerordentliche Bedeutung gewonnen, daß es unnütz sein würde, hierüber noch viele Worte zu verlieren; ebenso greift es im Hochbauwesen immer mehr um sich und einen neuen Beweis für die Vortheile, welche die Anwendung des Eisens gewährt, liefert die neue Tunnelbau-Methode des Herrn Ingenieur Rziha, deren ich bereits auf S. 80 d. Zeitsch. flüchtig Erwähnung gethan habe.

Da ich bei der ersten Anwendung dieses neuen Tunnelausbaues bei dem Betriebe des noch im Bau begriffenen Raenser Tunnels auf der Holzmindener Bahn (Herzogthum Braunschweig) als Beamter thätig war und somit hin-

reichende Gelegenheit hatte, ihre Vorzüge speciell kennen zu lernen, so lag mir als Bergmann die Idee nahe, auch einen Stollnausbau mittelst Eisen aufzufinden, und ich beschäftigte mich seit Beginn dieses Jahres mit der Uebertragung des Rziha'schen Tunnelbausystemes auf den Stollnausbau, legte auch bereits am 14. Januar ein hierauf bezügliches Project dem Königlich Sächsischen Oberbergamte in Freiberg vor und hatte die Genugthuung, dasselbe von dieser Behörde anerkannt und gebilligt zu sehen.

Um jedoch in weiteren Kreisen Anregung zur Verwendung des Eisens beim Grubenbaue zu geben, ziehe ich es vor, mein Project hierdurch der Oeffentlichkeit zu übergeben, indem ich vollkommen überzeugt bin, daß diese Methode des Stollnausbaues bei schwierigen und großartigen Betrieben dieser Art von außerordentlichem Nutzen sein werde.

Obwohl meine Stollnausbaumethode in Eisen auf der Rziha'schen Tunnelbaumethode fußt, so würde es doch zu weit führen, wollte ich specieller auf die Letztere eingehen, und ich beschränke mich daher hier nur auf Dasjenige, was für unsern Zweck unentbehrlich sein dürfte, indem ich im Uebrigen auf die Schrift: „die neue Tunnelbau-Methode in Eisen. Ein Vorläufer des Lehrbuchs der gesammten Tunnel-Baukunst von Franz Rziha. Berlin, Verlag von Ernst & Korn. 1864" verweise, in welcher der Herr Erfinder selbst sein System dargelegt hat.

Im Großen und Ganzen vertritt diese Eisenconstruction zugleich den provisorischen Holzausbau und die Lehrbögen für die Ausmauerung. Den Haupttheil der Eisenconstruction bildet der sogenannte Lehrbogen, ein aus 16 gußeisernen durchbrochenen Bogenstücken zusammengesetzter elliptischer Ring, welcher sich an das herzustellende Tunnelprofil von 26 Fuß Weite und 24 Fuß Höhe ringsherum anschließt. Dieser Ring ist $16^5/_8$" rhein. hoch und doppel-T förmig im Querschnitt. Die Rippen sind $8^1/_2$" breit und $1^3/_4$" stark, die Mittelrippe ist $1^1/_2$" stark und der Gesammtquerschnitt beträgt 51 Quadratzoll. Zwei aneinanderstoßende Stücken dieses Ringes sind in Fig. 5 auf Taf. 20 bei a und b dargestellt. Auf dem sogenannten Lehrbogen werden ringsherum mittelst Hakenschrauben die in der Figur mit c bezeichneten trapezförmigen Rahmstücken aufgeschraubt, deren Höhe der Mauerstärke entspricht, und welche bei der Aufführung der Mauerung dann Stück für Stück weggenommen werden. Diese aus alten Eisenbahnschienen gefertigten Rahmstücken sind der Mauerstärke entsprechend 33 Zoll rhein. hoch. Wenn ein Rahmstück entfernt wird, so werden die Pfähle durch untergelegte Brettstücken und dagegen drückende Schraubenbolzen gegen den Lehrbogen abgesteift, wie dies bei d angegeben ist.

Für die Anwendung auf den Stollnausbau konnte nicht nur eine im Verhältniß des geringeren Querschnittes oder Flächeninhaltes (1:4) reducirte Construction gewählt werden, sondern es mußten auch einige Theile ganz weggelassen, andere in ihrer Form wesentlich abgeändert werden, wie dies weiter dargethan werden wird. Im Uebrigen ist das Verfahren bei der projectirten neuen Stollnausbaumethode nicht wesentlich abweichend und bezieht sich auch nur auf solche Stölln, wo der Gebirgsdruck durch Mauerung aufgenommen werden muß. Was die Größe anlangt, so legte ich die Dimensionen eines großen Wasserlosungsstollns zu Grunde, nämlich ein elliptisches Profil von $5^1/_2$ und 4 Fuß Länge der großen und kleinen Halbaxe. Die Sohle ist ebenfalls als widerstandslos angenommen und durch ein auf dem Rücken liegendes Gewölbe von $6^1/_4$ Fuß Radius verwahrt.

Demgemäß habe ich nun einen aus sechs Stücken bestehenden Lehrbogen A angenommen (Fig. 1 auf Taf. 19), welcher bei Ausführung der Mauerung die Schalbretter aufnimmt und als wirklicher Lehrbogen benutzt wird. Gegen diesen stützt sich ein Auswechselrahmen B, dessen Höhe der Mauerstärke entspricht, und dessen Einrichtung so getroffen sein muß, daß die Schnelligkeit und Bequemlichkeit des Betriebes dadurch möglichst gefördert werde. Die beim Naenser Tunnel angewendeten Auswechselrahmen befriedigten in letzterer Beziehung nicht ganz, indem sie durch den gewaltigen Druck des Gebirges so aneinander und gegen den Lehrbogen gepreßt wurden, daß sie nur mittelst gewaltiger Hammerschläge und mit vielem Zeitverlust gelöst werden konnten.

Diesem Uebelstande habe ich dadurch vorzubeugen gesucht, daß ich den Rahmen nicht aus festen Stücken, sondern aus mehreren beweglichen Theilen zusammengesetzt habe (Fig. 4 auf Taf. 20 und Fig. 1 und 7, Taf. 19). Er besteht nämlich aus gebogenen Kranzstücken (gewalzten Schienen) c, welche in Gabeln b ruhen, und Letztere werden von schmiedeeisernen Bolzen a getragen, welche durch entsprechende Löcher e im Lehrbogen hindurchgesteckt und durch vorgeschlagene Keile d dagegen angetrieben sind. Die Kranzstücken können aus alten Eisenbahnschienen (k, Fig. 7, Taf. 19) hergestellt sein, besser dürfte es jedoch sein, nach der Form genau gewalzte Kranzstücke anzuwenden, da die alten Eisenbahnschienen, namentlich bei weitem Transport, durch die Schwierigkeit des richtigen Biegens theuer werden und doch bezüglich der Widerstandsfähigkeit nicht so zuverlässig sind, als besonders dazu gewalzte Kranzstücke. Beim Einbringen eines Kranzstückes hat man so zu verfahren, daß man erst den Bolzen a durch das Loch des Lehrbogens hindurchsteckt, dann das Gabelstück b aufsetzt, zwei an ihren Enden mittelst Laschen n verbundene Kranzstücke damit unterfängt und endlich durch Antreiben der Keile d, d die Kranzstücke in die richtige Lage bringt.

Ist das Gebirge nicht gar zu lose, noch nicht völlig schwimmend, so erfolgt der Fortschritt der bergmännischen Vortriebs- und Ausmauerungsarbeiten in der durch Fig. 1 bis 3 auf Taf. 19 veranschaulichten Weise. Die erste Ar-

heit besteht in dem Einbau eines Stückes Sohlengewölbe, welches den Stützpunkt für den Lehrbogen abgeben muß, und hierauf wird zur Aufstellung der Lehrbögen sammt Kranzstücken geschritten. Sind davon zwei in gehörigem Abstande von einander eingebaut, so schreitet der Pfahltrieb und bergmännische Ausbruch in ganz ähnlicher Weise vor, wie bei der Thürstockzimmerung (vergl. S. 46 d. Zeitsch.). Der Abstand sei hier beispielsweise zu 4 Fuß rhein. angenommen, was jedoch nicht als ein absolutes Maaß angesehen werden kann, sondern ganz vom Drucke und andern Verhältnissen abhängig gemacht werden muß. Bei wenig consistentem oder gar schwimmendem Gebirge ist vorher ein Getäfel anzulegen, auf welches das Sohlengewölbe zu liegen kommt. Die einzelnen Lehrbögen werden durch Schienen bb (Fig. 2) der Länge nach unter sich verbunden; diese Verbandstücken können aber immer nur von Bogen zu Bogen reichen, weil die Lehrbögen voreinander Stück um Stück eingebaut und ausgerüstet werden, und die Schienen stoßen daher hinter den Bögen stumpf zusammen. Gegenüber der Thürstockzimmerung findet eigentlich nur darin eine Abweichung statt, daß hier die Lehrbögen eine andere Form besitzen. Während bei dem rechteckigen Querschnitte der Thürstöcke gerade Pfandbretter unter der ganzen Firste hingelegt werden können, ist man bei Anwendung runder eiserner Zimmerung genöthigt, sich kürzerer, aber besonders zugerichteter Pfandbretter zu bedienen.

Bei einer Gebirgsbeschaffenheit, bei welcher während des Vortriebes der einzelnen Pfähle momentan kein erheblich starker Druck stattfindet, dieser Druck vielmehr erst nach dem vollständigen Ausbruche eines Feldes besonders wirksam wird, kann man sich ohne Zweifel noch durch Benutzung kleiner Pfandhölzer helfen, wie dies in Fig. 3, Taf. 19, angenommen ist. Es werden dann, sobald die oberen Pfähle bis auf die Hälfte vorgetrieben sind, die Pfandbretter a, Fig. 3, angelegt und diese mittelst Bolzen b unterstützt. Diese Pfändung dient auch so lange zur Leitung und Unterstützung der Pfähle, bis Letztere um die beabsichtigte Feldlänge vorgetrieben sind, worauf die Pfändung (nämlich Pfandbrett c und Bolzen d) unmittelbar vor dem Ortstoß eingebaut und die vorbeschriebene Pfändung weggenommen wird, nachdem die Brust zuvor durch Zumachebretter und Anleghölzer e gesichert ist.

Beim Kern ist ebenfalls dieses Verfahren einzuschlagen; die Zumachebretter sind von oben nach unten einzuziehen und durch Anleghölzer abzufangen und gegen den nächsten Lehrbogen zu verspreizen.

Schwieriger gestaltet sich der Betrieb bei großen Ortsflächen mit vorliegendem, sehr nassem und druckhaftem Gebirge. Das vorbeschriebene Verfahren würde dann nicht genügende Sicherheit bieten und seine Durchführung sehr große Schwierigkeiten bereiten. Für solche Fälle würde der in Fig. 1 bis 3 auf Taf. 20 dargestellte Vortrieb anzuwenden sein.

Bei dieser Methode, bei welcher man die Lehrbögen mindestens in 3 Fuß Entfernung von einander zu stellen suchen muß, wird zunächst der obere Theil des Stollns in der Mitte der Brust (auf circa 5 Fuß Höhe) angegriffen. Ist derselbe ungefähr 3 Fuß vorgerückt, wobei natürlich auch die Umfangspfähle nachgeschlagen sind, so erhalten die Pfähle in der Mitte eine Unterstützung (Fig. 1 und 2), welche in einem aus zwei viereckig zusammengebogenen und durch Laschen c unter sich verbundenen Stücken von alter Eisenbahnschiene gebildeten Rahmen a besteht. Der Rahmen ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, damit er vor der häufig sehr dicht verspreizten Ortsfläche stets und ohne Schwierigkeit eingebracht werden könne. Diesem Rahmen wird dann das dreieckige Stück b, welches in Fig 1 rechts daneben angegeben ist, angeschlossen und beide durch eine Schelle verbunden. Ebendasselbe geschieht endlich auch auf der linken Seite, wo jedoch in der Figur noch ein Theil der verspreizten Ortsfläche dargestellt ist.

Hierauf folgt der weitere Vortrieb des oberen Theiles, bis die genugende Länge zu einem vier- oder mindestens einem dreifüßigen Felde hergestellt ist.

Der Abbau des Kernes erfolgt durch nochmalige Getriebe, nach Art von Fig. 1 und 3, wovon Letztere den Längenschnitt und Erstere im unteren Theile eine Ansicht giebt. Nach Vollendung desselben wird ein Hilfsbogen a (Fig. 3) eingebaut, welcher auf einem Kranze von dicht aneinanderliegenden starken Sohlenhölzern b von der Stärke des Sohlengewölbes ruht und später wieder zum Weitergebrauche zu verwenden ist. Man ist hierauf leicht im Stande, die Umfangspfähle des Kernes um soviel wie die oberen Umfangspfähle der Brust vorzutreiben, und, wenn dies geschehen ist, den Hilfsbogen a und die Sohlenhölzer wegzunehmen und an Stelle der Letzteren ein Stück Sohlengewölbe aufzuführen. Auf diesem neuen Gewölbstücke wird sodann der hintere Lehrbogen dicht vor dem Getriebe (welches in Fig. 3 punktirt angegeben ist) aufgestellt. Die richtige Stellung des Hilfslehrbogens in Bezug auf seine Höhe hat man durch Antreiben der Keile jederzeit in seiner Gewalt.

Sollten noch einige Bedenken bezüglich der richtigen Verspreizung der mittleren Ortsfläche vorhanden sein, so ist darauf aufmerksam zu machen, daß sich an den Lehrbögen sehr bequem Ansätze e, e angießen ließen, wie sie Fig. 3 auf Taf. 20 zeigt, auf welche Eisenschienen gelegt werden könnten, gegen welche dann die Verspreizung zu bewirken sein würde.

Bezüglich des Materiales der Pfähle habe ich das Holz beibehalten; es unterliegt aber wohl keinem Zweifel, daß man bei solch einer starren, festen Eisenconstruction auch

Eisen dazu verwenden könnte. Sie würden meiner Ansicht nach am besten aus starkem Walzeisen hergestellt und nach der Form des Kranzes gekrümmt werden (Fig. 6 bei a), könnten wohl sogar in schwimmendem Gebirge mit Falz versehen werden, wie dies bei b dargestellt ist. Letzteres ist deshalb räthlich, weil sich die Breite der Pfähle nicht so genau innehalten läßt, die Falze aber einen gewissen Spielraum bieten. Eiserne Pfähle würden namentlich auch in der Beziehung von besonderem Werthe sein, daß sie wegen ihrer geringeren Stärke das Gebirge leichter durchdringen, als Holzpfähle, welche es beim Eintreiben häufig in zu große Unruhe und in nachtheilige Bewegung versetzen.

Die Weiterführung des Mauerwerkes repräsentirt Fig. 1 auf Taf. 19. Man sieht hier zunächst rechts den vollständigen bergmännischen Ausbruch und links ein Stück Mauerung. Behufs der Fortsetzung der Letzteren werden die Bolzen a ausgewechselt, indem man die Keile löst, die Gabel b abnimmt und die Verpfählung durch die hölzernen Bolzen c und Pfandbretter d abfängt. Hierauf sind die Laschen abzuschrauben, die Kranzstücken zu beseitigen und die Schalhölzer e weiter zu legen, um wieder ein Stück Mauerung ausführen zu können.

Ein auf diese Weise geschlossenes Stück Mauerwerk mit den nachstehenden Lehrbögen sehen wir in der Längenansicht, Fig. 2, bei g; der vorderste Theil der Figur stellt ein geschlossenes Stück Mauerwerk nach Entfernung der Lehrbögen dar.

Was die Entfernung der Lehrbögen anlangt, so waren die Schwierigkeiten dieser Arbeit bei der Construction der ersten eisernen Lehrbögen am Raenser Tunnel nicht genügend vorgesehen worden, die Ausführung zeigte aber, daß ganz außerordentliche Anstrengungen erforderlich waren, um eine Lösung der von der Mauerung belasteten Lehrbögen zu erzielen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wurde später das obere Bogenstück getheilt und in der durch Fig. 4 dargestellten Weise construirt. Das eine Bogenstück A besitzt nämlich einen 7″ langen, 5″ hohen und $2\frac{1}{2}$″ breiten Zapfen, während das andere Bogenstück B mit einer entsprechenden Vertiefung versehen ist. Man steckt beim Einbau eines Lehrbogens beide ineinander und legt die Keile c, c ein, dann wird durch eine Oeffnung a am Bogenstück B trockner Sand eingefüllt und diese Oeffnung mit einer Schraube geschlossen; durch das Antreiben oder Nachlassen der Keile wird die richtige Profilweite erzielt. Diese Vorkehrung ermöglicht nun umgekehrt ein leichtes Lösen der Lehrbögen. Es werden nämlich hierzu an irgend einem Punkte des Lehrbogens die Verbindungsschrauben gelöst, dann die Keile im Scheitel herausgeschlagen und endlich die Schraube b im Boden des mit Sand gefüllten Zapfenloches herausgedreht, worauf der Sand abläuft und der Zapfen tiefer in das frei gewordene Loch eindringt. Durch diese Bewegung wird die Spannung des Lehrbogens aufgehoben und es können nun leicht die einzelnen Stücke desselben auseinandergeschraubt werden.

Nachdem im Vorstehenden die Einrichtung und die Verfahrungsweise bei dem eisernen Stollnausbau beschrieben worden ist, will ich noch Einiges über die Form und Stärke der eisernen Rahmen beifügen.

In der Zeichnung ist angenommen, daß die obere und untere Rippe des T förmigen Querschnittes des Lehrbogens (Fig. 6, Taf. 19 und Fig. 4, Taf. 20) 5″ Breite und $1\frac{1}{4}$″ Stärke, die Mittelrippe aber 1″ Stärke und 9″ Höhe (incl. Rippen), also der Querschnitt im Ganzen 19 Quadratzoll Flächeninhalt erhalten soll, wodurch diese Lehrbögen selbst gegen den stärksten Druck genügenden Widerstand zu leisten im Stande sein werden.

Damit die oberen, höher zu hebenden Stücken sich leichter handhaben lassen, gebe ich den Theilen des Lehrbogens ungleiche Größen und nehme die oberen Stücken kleiner und leichter, als die unteren Stücken an. Hierdurch wird zugleich der Vortheil gewonnen, daß die Bolzen im oberen Theile der Lehrbögen näher bei einander zu stehen kommen, was deshalb von Wichtigkeit ist, weil der Druck von der Ulme nach der Firste hin zunimmt.

Für den Fall, daß ein Sohlengewölbe entbehrlich sein sollte, könnte man das Sohlenbogenstück g (Fig. 1, Taf. 19) wegfallen lassen und an Stelle des Bogenstückes h ein besonderes Fußstück o anschrauben, wie es in Fig. 7, Taf. 20, dargestellt ist.

Unter den Vortheilen, welche von dem projectirten eisernen Stollnausbau zu erwarten sind, steht in erster Linie die Kostenersparniß und die größere Sicherheit des Betriebes. Um Erstere nachzuweisen, will ich hier eine vergleichsweise Kostenaufstellung vorführen.

### A. Stollnausbau mittelst Eisen.

| | Thlr. | Sgr. | Pf. |
|---|---|---|---|
| 1. Lehrbogen, 17 Ctr. schwer, à Ctr. $3\frac{1}{2}$ Thlr. . . . . . = | 59 | 15 | — |
| 2. Auswechselrahmen, best. aus: | | | |
| 1 Schienenkranz, 27′ lang, 6 Ctr. schwer à $3\frac{3}{4}$ Thlr. . = | 22 | 15 | — |
| 8 schmied. Bolzen, 161 Pfd. schwer à $2\frac{1}{2}$ Sgr. . . . = | 13 | 12 | 6 |
| 8 gußeis. Gabeln, 196 Pfd. schwer à $1\frac{1}{2}$ Sgr. . . . = | 6 | 21 | — |
| 12 Laschen mit Schrauben . = | 3 | 15 | — |
| 2 Längenverbandschienen, 4′ lang . . . . . . . . = | 2 | — | — |
| 16 Keile, 48 Pfd. schwer . = | 3 | — | — |
| 3. Transportkosten à 3 Sgr. pro Centner . . . . . . . . = | 2 | — | — |
| Summe des Neuwerthes | 113 | 14 | — |

Zieht man hiervon denjenigen Werth ab, welchen die Eisentheile nach ihrer Verwendung noch besitzen, und rechnet man den Werth des alten Eisens zu $1^1/_3$ Thlr., so reducirt sich der Aufwand um $28^1/_2 . 1^1/_3 = 38$ Thlr. und es belaufen sich die Kosten pro 1 vollständigen Lehrbogen auf 75 Thlr. 14 Sgr. — Pf. Da nun zum Betriebe eines Stollnortes nur 6 solche Lehrbögen erforderlich sind, so belaufen sich die Anschaffungskosten auf:

6 . 75 Thlr. 14 Sgr. — Pf. = 452 Thlr. 24 Sgr. — Pf.

B. Stollnbetrieb mit Holzausbau.

Die Mehrkosten des Holzausbaues liegen hauptsächlich in dem großen Holzbedarfe für Thürstockzimmer, Sprengbolzen und Lehrbögen zur Mauerung, sowie in der Schwierigkeit der Holzauswechselung bei der Mauerung. Die Ausgabe für Arbeitslöhne kann man bei beiden Methoden gleichstellen, ebenso den Aufwand für Pfähle, Brustzumachebretter, Anlegehölzer und Pfandkeile.

Nach den bei Fig. 1 angenommenen Dimensionen betrüge

| | |
|---|---|
| die Länge der Thürstöcke mit Ueberhöhung . | $11^1/_2$ Fuß, |
| „ „ „ Kappen und Schwellen . . | $12^1/_2$ „ |
| also die Holzlänge für ein Geviere 2 ($11^1/_2$ + $12^1/_2$) = . . . . . . . . . . | 48 „ |

Die Stärke dieser Hölzer dürfte bei Fichtenholz und hohem Drucke für $2^1/_2$füßige Felder zu 13 Zoll anzusetzen sein, sodaß die Hölzer zu einem Thürstockgeviere 44 Cubikfuß Inhalt beanspruchen. Rechnet man pro Cubikfuß loco Baustelle 5 Sgr., so ergiebt dies einen Aufwand von 7 Thlr. 10 Sgr. — Pf.

| | Thlr. | Sgr. | Pf. |
|---|---|---|---|
| Für die 8 Sprengbolzen kann man ansetzen: | — | 15 | — |
| für 4 eiserne, $2^1/_2$ Pfd. schwere Klammern, 10 Pfd. à $2^1/_2$ Sgr.: | — „ | 25 „ | — „ |
| für 1 vollständigen hölzernen Lehrbogen: | 13 „ | — „ | — „ |
| und für die Holzauswechselung bei der Mauerung pro lauf. Fuß: | — „ | 17 „ | 6 „ |

Reducirt man nun sämmtliche Kosten, oder resp. die Abnutzung und den Verlust auf den laufenden Fuß, so ergiebt sich Folgendes. Da bei einem Thürstockzimmer (Thürstöcke, Schwellen und Kappe) der Verlust bis auf 72 Procent steigt, indem bei sehr druckhaftem Gebirge nicht mehr als der vierte Theil dieser Hölzer zum Wiedergebrauch geeignet und auch zu weiteren Zwecken nur etwa mit 3 Procent noch in Ansatz zu bringen ist, so giebt dies einen Verlust von 5 Thlr. 8 Sgr. 4 Pf. auf $2^1/_2$ Fuß Länge oder von $\frac{5 \text{ Thlr. } 8 \text{ Sgr. } 4 \text{ Pf.}}{2^1/_2}$ = 2 Thlr. 3 Sgr. 3 Pf. pro laufenden Fuß. Man hat also pro laufenden Fuß Stolln:

| | | Thlr. | Sgr. | Pf. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Verlust bei dem Thürstockzimmerholze . . . . . | 2 | 3 | 3 |
| 2. | Verlust bei den Sprengbolzen, 50 Procent . . . . . . | — „ | 3 „ | — „ |
| 3. | desgl. bei den Klammern (ungefähr 16 Procent) . . . | — „ | 2 „ | — „ |
| 4. | desgl. bei den Lehrbögen ($12^1/_2$ Proc.) . . . . . . | — „ | 19 „ | 6 „ |
| 5. | für Holzauswechselung . . | — „ | 17 „ | 6 „ |
| | Summa pro lauf. Fuß | 3 Thlr. | 15 Sgr. | 3 Pf. |

Hiernach stellen sich die Kosten der beiden Betriebsmethoden gleich bei einer Länge von

$$\frac{452 \text{ Thlr. } 24 \text{ Sgr. — Pf.}}{3 \text{ Thlr. } 15 \text{ Sgr. } 3 \text{ Pf.}} = 130 \text{ Fuß}$$

und, wenn eine größere Stollnlänge herzustellen ist, so wird alsdann der Ausbau mittelst Eisen billiger sein und zwar um so billiger, je größer die Stollnlänge ist.

Es ist hier aber noch besonders hervorzuheben, daß in gewissen Fällen der Stollnausbau mit Holz kaum ausführbar ist, und daß alsdann die Grenze, wo sich beide Betriebsmethoden an Kosten gleich stehen, auf 100 Fuß und noch weiter hinabsinken wird.

Was schließlich noch die Sicherheit anlangt, so wird der Ausbau mit Eisen jederzeit unbedingt den Vorzug verdienen, da das Eisen keine Zusammenpressung wie das Holz erleidet, und da die vorherige Ausführung des Sohlengewölbes vor jeder Senkung des Ausbaues sicher stellt.

Wenn der Stollnausbau mittelst eiserner Rahmen an mehreren Orten kein günstiges Resultat ergeben hat, so darf man sich hierdurch nicht von einem anderweiten Versuche abschrecken lassen, weil bei den früheren Versuchen kein auswechselbarer Rahmen für die Aufführung der Mauerung benutzt wurde, der Mauerkörper vielmehr innerhalb des Eisengerüstes zu stehen kam und daher oft, namentlich bei großem Drucke, der Fall eintrat, daß die Eisengerüste nur mit großer Anstrengung frei gemacht werden konnten, ja sogar zum Theil stecken gelassen werden mußten.

# Versuche über den Einfluß der strahlenden Wärme auf den Heizeffect.

Von

Ed. Jac. Noeggerath, Director der Königl. Provinzial-Gewerbschule in Brieg a/Oder.

(Hierzu Doppeltafel 21—22.)

Bei dem größeren Theile aller Einrichtungen zur Erwärmung von Flüssigkeiten nehmen die Heizflächen der betreffenden Gefäße gleichzeitig direct durch Strahlung vom Feuerheerde und indirect durch Mittheilung von den erhitzten Gasen Wärme auf. Die Verhältnißzahl zwischen den Wärmemengen, welche auf solche Art direct und indirect einer Heizfläche zugeführt werden, ist von dem Brennmaterial, der Art der Beschickung desselben und der Lage des Feuerheerdes abhängig. Bei Steinkohlenfeuerung auf horizontalem, unter der Heizfläche liegendem Roste ist diese Zahl zu $^1/_4$—$^1/_3$ angenommen worden. Indessen hat man, so viel ich weiß, über diesen Punkt directe Ermittelungen durch größere Versuche nicht angestellt, wenn man nicht etwa einige Aufschlüsse, welche die bekannten, in der letzten Zeit in Mühlhausen vorgenommenen Versuche mit Dampfkesseln gewährten, hierhin rechnen will. Andererseits ist man bei der Anlage von Feuerungen oftmals von der Ansicht ausgegangen, daß es, namentlich für stark flammende Steinkohlen, zweckmäßig für den Heizeffect sei, durch Vorrückung des Feuerheerdes die Erwärmung der Heizflächen nur in ndirecter Weise durch die Heizgase zu bewerkstelligen.*) Dabei nahm man an, daß die bedeutende Differenz zwischen den Temperaturen der von den Flammenspitzen berührten Theile der Heizfläche und derjenigen der verbrennenden Materialien letzteren soviel Wärme entzöge, daß nur eine unvollkommene Verbrennung stattfinden könne. In einigen Fällen scheint die Erfahrung diese Ansicht durch Erfolge bestätigt zu haben, und ist dem beizumessen, daß die Anlage sogenannter Vorfeuerungen, bei denen die Verbrennungen in einem abgesonderten Vorraume stattfinden, bei Dampfkesseln und Siedepfannen zahlreiche Anwendung gefunden hat.

Die Industriellen des Saarthales haben den Verfasser in den Stand gesetzt, in den Jahren 1862 und 1863 sehr ausgedehnte Versuche über die zweckmäßigste Form der Feuerzüge und den relativen Werth der Heizflächen anstellen zu können. Derselbe erhielt im Verlauf dieser Versuche die Ueberzeugung, daß die Uebertragung der Wärme in indirecter Weise mittelst der Heizgase nur sehr unvollkommen erfolge und mit großen Wärmeverlusten verknüpft sei. In Folge dessen fand er sich veranlaßt, obgleich die Tendenz der Versuche von vornherein scharf abgegrenzt war, auch den Einfluß der strahlenden Wärme in den Kreis derselben aufzunehmen. Zu dem Ende wurde zum Schluß der Versuche, im Sommer 1863, noch eine besondere Umänderung der Versuchsfeuerung vorgenommen. Die erzielten Resultate bestätigten die Ansicht des Verfassers in so überraschender Weise, und erscheinen demselben so bemerkenswerth, daß er dieselben schon jetzt, noch ehe er in der Lage ist, über das Gesammtresultat ausführlich und zusammenhängend Bericht erstatten zu können, der Oeffentlichkeit übergeben zu müssen glaubt.

Der Versuchsapparat bestand in seinen wesentlichsten Theilen aus zwei offenen Pfannen mit rechteckigen ebenen Bodenflächen und ebenen vertical stehenden Seitenflächen. Die Pfannen waren aus Eisenblech von 0,004 Meter Stärke angefertigt, jede 3 Meter lang, 0,5 Meter breit, 0,03 Meter hoch und durch Querwände, welche aus Eisenblech von derselben Stärke bestanden, in fünf gleich große Sectionen getheilt. Jede Section hatte demnach 0,5 . 0,6 = 0,30 Quadratmeter Bodenfläche und war mit einer am Boden mündenden schmiedeeisernen Röhre aa, Fig. 1—4, von 2 Centimeter Durchmesser versehen. Mittelst dieser Röhren konnte das Wasser aus den einzelnen Sectionen abgezapft werden.

Fig. 2 stellt die Seitenansicht der Versuchsfeuerung dar, Fig. 1 deren Horizontalschnitt nach der Linie AB. Die zehn, von dem Feuerheerde ab mit den Nummern I—X bezeichneten Sectionen boten eine Gesammt-Heizfläche von 6 . 0,5 = 3 Quadratmeter Größe dar. Die Lage der Heizfläche war, wie der in Fig. 3 nach der Linie CD genommene Längenschnitt zeigt, zunächst so angeordnet, daß die

*) Noeggerath: „Ueber die Form der Feuerzüge unter Dampfkesseln und Siedepfannen. Civil-Ingenieur, Band VI, S. 86."

Hinterkante des Planrostes in einer Verticalebene lag, welche 0,20 Meter von der mit ihr parallelen Vorderkante der Pfanne abstand. In dieser Lage war kein Theil der Bodenfläche directe Heizfläche. Bei den späteren Versuchen wurde die Pfanne so vorgezogen, daß sie in die Lage kam, welche der ebenfalls nach der Linie CD genommene Querschnitt Fig. 4 zeigt. Bei dieser Anordnung war die ganze Bodenfläche von Section I und der größere Theil der Bodenfläche von Section II als directe Heizfläche zu rechnen.

Der Rost hatte Stäbe von 3,5 Centimeter Breite, 1,5 Centimeter Oeffnung und 65 Centimeter Länge, war 50 Centimeter breit und hatte demnach

eine Gesammtfläche von 0,3250 Quadratmeter,

eine Querschnittsfläche der Oeffnungen von 0,1375 Qu.-Meter.

Derselbe stand 50 Centimeter vom Scheitel des in feuerfesten Steinen hergestellten Gewölbes des Feuerraumes ab, welcher mit der Bodenfläche der Pfanne in einer Horizontalen lag. Die Pfeilhöhe dieses Gewölbes betrug 6 Centimeter und der mittlere Abstand der Rostoberfläche vom Boden des Aschenraums 44 Centimeter. Der Letztere konnte durch eine mit einem Register versehene Thür aus Eisenblech abgeschlossen werden. Zum Feuerheerde führte eine in starkem Rahmen genau passende gußeiserne Thüre. Die Umfassungsmauern des Heerdes waren 30 Centimeter stark, im Innern mit feuerfesten Steinen von Schenkelberger in Jägersfreude, welche sich vorzüglich bewährten, sorgfältig aufgemauert. Eine 25 Centimeter starke Lage von Asche sicherte die Gewölbedecke gegen zu rasche Abkühlung.

Der Feuercanal zog sich in gleichbleibender Breite von 50 Centimeter unter der Pfanne hin, und wurde bei den verschiedenen Versuchen nur in seiner Höhenanordnung verändert. Zu demselben führten sechs schmiedeeiserne Röhren b, von 1,6 Centimeter Durchmesser, welche in gleichen Abständen von einander an der Vorderwand eingemauert waren. Dieselben wurden mittelst Korkstopfen geschlossen und dienten als Schaulöcher zur unmittelbaren Beobachtung der Vorgänge im Heizcanal. Außerdem waren am Anfange, in der Mitte und am Ende dieses Canals quadratische Oeffnungen c von 12 Centimeter Seite angebracht, welche mittelst eingesetzter Steine und Lehmverschmierung verschlossen wurden, und den Zweck hatten, zu den Hauptpunkten des Canals behufs Feststellung der Temperatur der Heizgase gelangen zu können. Am hintern Ende der Anlage befand sich eine Thür, welche mit Lehm verschmiert und zur Reinigung des Schornsteins und der hintern Sectionsflächen benutzt wurde.

Hinter der letzten Section war der Canal unmittelbar durch eine 2,2 Centimeter starke gußeiserne Platte gedeckt, in welcher sich eine kreisrunde Oeffnung von 2,5 Centimeter Durchmesser befand, durch welche der untere Theil des, zur Temperaturbestimmung der durch den Fuchs abziehenden Heizgase dienenden Thermometers f gesteckt wurde. Um die zu rasche Abkühlung der Gase durch diese Platte zu verhindern, war dieselbe mit einer einfachen Schicht von in Lehm gemauerten Backsteinen gedeckt. Unmittelbar hinter dieser Platte stieg der Feuercanal, sich nach rechts wendend, zu den Mündungen der beiden Schornsteinröhren etwas an. Jede dieser Mündungen war mit einem eisernen, leicht stellbaren Schieber versehen, so daß nach Erfordern beide Schornsteinröhren, oder nur eine derselben, in Gebrauch genommen werden konnten. Diese, dem anstoßenden Hause angehörenden Röhren, haben einen kreisförmigen Querschnitt von 16 Centimeter Durchmesser, sind 20 Meter hoch und im Innern mit Lehm sorgfältig und glatt ausgestrichen.

Der Fundamentkörper der Feuerung war in Sandstein hergestellt. Das Material der Mauern zu dem Feuercanal bestand aus Backsteinen, das zu dem Feuerraum aber, wie bereits erwähnt, aus feuerfesten Steinen.

Bei den Versuchen wurde in folgender Weise verfahren.

Das Brennmaterial wurde sorgfältig zugewogen und in möglichst gleichmäßiger Weise aufgegeben. Die Operationszeit währte durchschnittlich jedesmal 10 Stunden, in der Regel von des Morgens 7 Uhr bis Nachmittags 5 Uhr. Als Brennmaterial kamen nur kleine Koks von der de Wendel'schen Koksanlage bei Sulzbach und Steinkohlen vom Heinrichsflötz der Grube Gerhard bei Louisenthal zur Anwendung. Der Koks war von gleichbleibender Güte und Größe der einzelnen Stücke. Um letztere unverändert zu erhalten, wurde das Material auf der de Wendel'schen Anlage vor der Abfuhr durch ein Sieb geworfen. Die Versuche mit Koks gingen größtentheils denen mit Steinkohlen voraus, nachdem eine über alle Flächen sich erstreckende gründliche Säuberung der Pfannen vorgenommen werden war, um die Resultate jener Versuche frei von dem Einfluß der Berußung zu halten. Um diesen Einfluß auf die Transmission der Wärme zu ermitteln, wurden die Heizflächen einzelner Sectionen nach erfolgter Feuerung mit Steinkohlen vor dem Beginn des folgenden Versuchs sorgfältig, durch Abkehren und Abwischen mit Lappen, gereinigt.

Zur Feststellung der Verdampfung wurde das Wasser beim Beginn und während des Verlaufs eines Versuches zugewogen, und der Rest am Ende desselben zurückgewogen. Die Differenz zwischen dem zugewogenen und dem zurückgewogenen Wasser giebt für jede Section die im Verlauf eines Versuchs erzielte Dampfmenge an.

Da unmittelbar nach jedem Versuche, des erhitzten Mauerkörpers halber, die Sectionen der Pfanne durch Wasser abgekühlt werden mußten, so konnte in den meisten Fällen die Verdunstung während des Stillstandes zwischen zwei aufeinander folgenden Versuchen ermittelt werden.

Die Temperatur des Wassers in den einzelnen Sectionen wurde von zwei zu zwei Stunden mittelst Thermometer bestimmt, die über den Mündungen der Abflußröhren in gleichen Höhen über den Bodenflächen aufgehängt wurden. Zu gleicher Zeit wurde die Temperatur der Mauer durch ein am Kopf der Pfanne im Mauerwerk eingelassenes Thermometer, die Temperatur der Atmosphäre und die Temperatur der abziehenden Gase hinter der Pfanne ermittelt. Wenn die letztere mehr als 300° betrug, was bei Steinkohlenfeuerung fast immer der Fall war, so konnte nur dieser Uebergangspunkt mit Sicherheit constatirt werden, weil die Schwankungen der Quecksilbersäule bei 310° so beträchtlich wurden, daß die Gefahr des Zerspringens für das Thermometer eintrat.

Bei einer großen Anzahl der 1863 mit gekrümmtem Zuge vorgenommenen Versuche wurden zur näheren Bestimmung der Temperatur der Heizgase mittelst der, am Anfange, in der Mitte und am Ende des Feuerzuges angebrachten Versuchsöffnungen schmiedeeiserne Körper von 1 Pfund Gewicht eingesetzt, welche von 2 zu 2 Stunden in 10 Pfund Wasser, das sich in einem Gefäß aus Schwarzblech von 3,9 Pfund Gewicht befand, abgekühlt wurden. Bezeichnet:

- T die Temperatur der Heizgase,
- t die Temperatur des Wassers im Gefäß vor Abkühlung des erhitzten Versuchskörpers,
- t′ die Temperatur dieses Wassers nach dieser Abkühlung,
- P das Gewicht des Versuchskörpers,
- P′ das Gewicht des eisernen Gefäßes, in dem die Abkühlung erfolgte,
- M das Gewicht des angewendeten Wassers,
- c die specifische Wärme des Eisens,

so ist:

$$T = \frac{(M + P'c)(t' - t)}{Pc} + t',$$

und, da im vorliegenden Falle stets $M = 10$ Pfund, $P = 1$ Pfund, $P' = 3{,}9$ Pfund und $c = 0{,}1138$, für die vorgenommenen Untersuchungen:

$$T = \frac{(10 + 3{,}9 \,.\, 0{,}1138)(t' - t)}{0{,}1138} + t',$$

$$= \frac{10{,}44382}{0{,}1138}(t' - t) + t',$$

$$= 91{,}77\,(t' - t) + t'.$$

Sämmtliche ermittelten und berechneten Resultate wurden, für jeden Tag gesondert, in Tabellen eingetragen. Diese enthalten:

in der Abtheilung a die unmittelbar beobachteten Temperaturen der Mauer, der die Pfannenfläche verlassenden Heizgase, der Atmosphäre und des Wassers in den 10 Sectionen der Pfanne zu den verschiedenen Beobachtungszeiten;

in der Abtheilung b die Quantität des verdampften Wassers während eines Versuchs in den 10 Sectionen der Pfanne;

in der Abtheilung c die Quantität des zwischen zwei aufeinander folgenden Versuchen verdunsteten Wassers;

in der Abtheilung d die berechneten Resultate des Versuchs und zwar, in der ersten Columne die pro 100 Pfund Brennmaterial erzielte Dampfmenge von 100° Temperatur auf der Gesammtbodenfläche der einzelnen Sectionen, in der zweiten Columne die pro 500 Pfund Brennmaterial durch das Quadratcentimeter der Bodenfläche der einzelnen Sectionen im Mittel transmittirte Wärmemenge, und in der dritten Columne die Verhältnißzahlen der durch die einzelnen Sectionsflächen transmittirten Wärmemengen.

Die zweite Columne der Abtheilung d wurde behufs zweckmäßiger und übersichtlicher graphischer Darstellung der Beobachtungsresultate berechnet. Die Werthe derselben ergeben sich, wenn mit q die pro 100 Pfund Brennmaterial erzielten Dampfmengen von 100° bezeichnet werden, in folgender Art. Da die gesammte, in einem Pfunde Dampf von 100° Temperatur enthaltene Wärmemenge gleich 640 Wärmeeinheiten gesetzt werden kann, da ferner die mittlere Temperatur des Speisewassers 10° beträgt und die Bodenfläche jeder Section 50 Centimeter breit und 60 Centimeter lang war, so ergiebt sich, wenn w die pro 500 Pfund Brennmaterial im Mittel durch 1 Quadratcentimeter der Bodenfläche transmittirte Wärmemenge bezeichnet:

$$w = \frac{640 - 10}{50.60} . 5q,$$

$$= 1{,}05\, q.$$

Durch Multiplication mit 1,05 ergeben sich daher aus den Resultaten der ersten Columne die entsprechenden Resultate der zweiten.

In den Anmerkungen sind zur Uebersicht die Resultate der vier ersten und der sechs letzten Sectionen absolut und in Verhältnißzahlen zusammengestellt worden. Außerdem ist den späteren Berichten der 1863 vorgenommenen Versuche eine Tabelle angehängt, welche die Temperaturen am Anfang, in der Mitte und am Ende des Feuerzugs angiebt.

Wir lassen nunmehr diejenigen Tagesberichte folgen, welche Bezug auf die Ermittelung des Einflusses der strahlenden Wärme auf den Heizeffect haben. Die Berichte der Versuche XXV und XXXVI beziehen sich auf die Operationen mit gekrümmtem Zuge, bei Koksfeuerung und doppeltem Schornsteinquerschnitt. Ueber Versuche bei derselben Anordnung bei Koksfeuerung und einfachem Schornsteinquerschnitt geben die Berichte XXIII und

XXXVII Auskunft. Die Berichte der Versuche XXIX und XXXVIII beziehen sich dagegen auf Operationen, die bei demselben Zuge bei Steinkohlenfeuerung und doppeltem Schornsteinquerschnitt vorgenommen wurden. Ueber Versuche mit einem weiten Zuge von 26 Centimeter gleichbleibender Höhe ohne Feuerbrücke und mit Steinkohlenfeuerung berichten die Versuche XI und XXXXI. Beim Vergleich dieser Versuche ist zu berücksichtigen, daß bei Versuch XI einfacher, bei Versuch XXXXI aber doppelter Schornsteinquerschnitt zur Anwendung kam, daß also bei beiden nicht durchaus gleiche Verhältnisse der Luftbewegung vorlagen.

## XXV. Versuch.

Mittwoch, den 6. Mai 1863.

Gekrümmter Feuerzug.

Vorfeuerung.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 230 Pfund.
Zurückgewogen 7 „
Verbrannt 223 Pfund.

Angefangen 7 h —'.
Aufgehört 5 h —'.
Dauer 10 h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 746 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | | Anmerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | | |
| | 10 h | 12 h | 2 h | 4 h | 5 h | in Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 6. Mai. | des Morgens am 7. Mai. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. | |
| der Mauer | 77 | 103 | 125 | 130 | 133 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 275 | 260 | 280 | 260 | 215 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 16 | 19 | 20 | 16 | 16 | „ | | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 310 | 4,0 | 306,0 | 30 | 5,8 | 24,2 | 0,27 | 137,22 | 144,08 | 0,348 | Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:<br>in Section I bis IV 287,53 Pfund,<br>in Section IV bis X 107,14 Pfund,<br>und kamen daher auf:<br>die vier ersten Sectionen 72,9%,<br>die sechs letzten Sectionen 27,1 %<br>des pro 100 Pfund Brennmaterial erzielten Gesammteffecte.<br>Beide Schornsteinschieber sind geöffnet. |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 160 | 12,7 | 147,3 | 20 | 7,0 | 13,0 | 0,15 | 66,05 | 69,35 | 0,167 | |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 120 | 12,1 | 107,9 | 20 | 10,4 | 9,6 | 0,11 | 48,39 | 50,81 | 0,123 | |
| „ „ IV | 100 | 97 | 100 | 100 | 96 | 99 | 100 | 19,2 | 80,8 | 10 | 1,9 | 8,1 | 0,09 | 35,87 | 37,66 | 0,091 | |
| „ „ V | 95 | 92 | 97 | 96 | 92 | 94 | 80 | 16,3 | 63,7 | 10 | 2,9 | 7,1 | 0,08 | 26,85 | 28,19 | 0,068 | |
| „ „ VI | 92 | 90 | 94 | 93 | 90 | 92 | 70 | 17,1 | 52,1 | 10 | 3,3 | 6,7 | 0,08 | 21,49 | 22,56 | 0,054 | |
| „ „ VII | 90 | 86 | 88 | 86 | 86 | 87 | 60 | 14,4 | 45,6 | 10 | 4,9 | 5,1 | 0,06 | 17,79 | 18,68 | 0,045 | |
| „ „ VIII | 85 | 84 | 86 | 84 | 82 | 84 | 60 | 19,0 | 41,0 | 10 | 5,1 | 4,9 | 0,06 | 15,44 | 16,21 | 0,039 | |
| „ „ IX | 83 | 79 | 82 | 82 | 78 | 81 | 50 | 14,3 | 35,7 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,04 | 12,97 | 13,62 | 0,033 | |
| „ „ X | 78 | 76 | 80 | 79 | 75 | 77 | 50 | 13,5 | 36,5 | 10 | 5,1 | 4,9 | 0,06 | 12,60 | 13,23 | 0,032 | |
| | | | | | | | 1060 | 142,6 | 917,4 | 140 | 52,6 | 87,4 | 1,00 | 394,67 | 414,39 | 1,000 | |

## XXXVI. Versuch.

**Dienstag, den 30. Juni 1863.**

Gekrümmter Feuerzug.
Directe Feuerung.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 200 Pfund.
Zurückgewogen 10 „
Verbrannt 190 Pfund.

Angefangen 6h 45′.
Aufgehört 5h 45′.
Dauer 10h —′.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 752,4 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | |
| | 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | in Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 29. Juni. | des Morgens am 30. Juni. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammteffects. |
| der Mauer | 47 | 118 | 155 | 180 | 192 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 290 | 310 | 290 | 300 | 310 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 15 | 18 | 20 | 21 | 21 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 310 | 10,3 | 299,7 | 30 | 16,8 | 13,2 | 0,21 | 157,74 | 165,62 | 0,316 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 270 | 12,7 | 257,3 | 30 | 17,8 | 12,2 | 0,19 | 135,42 | 142,19 | 0,271 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 12,0 | 128,0 | 20 | 12,2 | 7,8 | 0,12 | 67,37 | 70,14 | 0,135 |
| „ „ IV | 96 | 100 | 98 | 98 | 98 | 98 | 90 | 11,5 | 78,5 | 10 | 4,0 | 6,0 | 0,10 | 40,49 | 42,51 | 0,081 |
| „ „ V | 90 | 95 | 90 | 90 | 90 | 91 | 70 | 14,5 | 55,5 | 10 | 4,8 | 5,2 | 0,08 | 26,58 | 27,91 | 0,053 |
| „ „ VI | 88 | 92 | 88 | 88 | 88 | 88 | 60 | 15,6 | 44,4 | 10 | 5,5 | 4,5 | 0,07 | 20,56 | 21,59 | 0,041 |
| „ „ VII | 84 | 87 | 84 | 84 | 84 | 84 | 50 | 15,3 | 34,7 | 10 | 6,0 | 4,0 | 0,06 | 15,34 | 16,11 | 0,031 |
| „ „ VIII | 80 | 83 | 80 | 80 | 80 | 80 | 50 | 19,0 | 31,0 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,06 | 13,05 | 13,70 | 0,026 |
| „ „ IX | 78 | 80 | 78 | 78 | 78 | 78 | 40 | 11,5 | 28,5 | 10 | 6,5 | 3,5 | 0,05 | 11,70 | 12,29 | 0,023 |
| „ „ X | 77 | 78 | 77 | 77 | 77 | 77 | 40 | 11,5 | 28,5 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,06 | 11,55 | 12,13 | 0,023 |
| | | | | | | | 1120 | 133,9 | 986,1 | 150 | 86,0 | 64,0 | 1,00 | 499,80 | 524,79 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 401,02 Pfund
in Section IV bis X 98,78 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 80,3 %
die sechs letzten Sectionen 19,7 %
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Beide Schornsteinschieber sind geöffnet.

### Temperaturen im Feuerzuge.

| | Zeit. | t. | t′. | t′ — t. | T. |
|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsöffnung I | 8 Uhr | 12,1 | 18,7 | 6,6 | 624° |
| „ II | „ | 12,0 | 15,7 | 3,7 | 355° |
| „ III | „ | 11,9 | 14,7 | 2,8 | 272° |
| Versuchsöffnung I | 10 Uhr | 12,9 | 20,3 | 7,4 | 697° |
| „ II | „ | 12,8 | 16,9 | 4,1 | 393° |
| „ III | „ | 12,2 | 15,6 | 3,2 | 309° |
| Versuchsöffnung I | 12 Uhr | 12,7 | 19,0 | 6,3 | 597° |
| „ II | „ | 12,4 | 16,0 | 3,6 | 346° |
| „ III | „ | 12,3 | 15,1 | 2,8 | 272° |
| Versuchsöffnung I | 2 Uhr | 12,3 | 19,0 | 6,7 | 634° |
| „ II | „ | 12,1 | 15,7 | 3,9 | 373° |
| „ III | „ | 12,1 | 15 | 2,9 | 281° |
| Versuchsöffnung I | 4 Uhr | 12,6 | 19,8 | 7,2 | 680° |
| „ II | „ | 12,5 | 16,5 | 4,0 | 384° |
| „ III | „ | 12,1 | 15,3 | 3,2 | 309° |

**Brennmaterial: Koks.**
Zugewogen 200 Pfund.
Zurückgewogen 14 „
Verbrannt 186 Pfund.

## XXIII. Versuch.

**Montag, den 4. Mai 1863.**

Gekrümmter Feuerzug.
Vorfeuerung.

Angefangen 8h —'.
Aufgehört 6h —'.
Dauer 10h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 746,6 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10h | 12h | 2h | 4h | 6h | in Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | die Wasserfüllung des Abends am 4. Mai. | die Wasserfüllung des Morgens am 5. Mai. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammteffects. |
| der Mauer | 40 | 60 | 80 | 110 | 120 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 200 | 215 | 220 | 195 | 200 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 17 | 18 | 20 | 20 | 18 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 290 | 8,8 | 281,2 | 40,0 | 17,5 | 22,5 | 0,28 | 151,18 | 158,74 | 0,375 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 150 | 8,8 | 141,2 | 30,0 | 17,2 | 12,8 | 0,16 | 75,92 | 79,67 | 0,188 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 2,4 | 97,6 | 30,0 | 20,6 | 9,4 | 0,12 | 52,47 | 55,09 | 0,130 |
| „ „ IV | 98 | 99 | 100 | 95 | 99 | 98 | 70 | 1,4 | 68,6 | 20,0 | 12,6 | 7,4 | 0,09 | 36,14 | 37,95 | 0,090 |
| „ „ V | 91 | 92 | 92 | 86 | 94 | 93 | 60 | 8,8 | 51,2 | 20,0 | 13,8 | 6,2 | 0,08 | 25,60 | 26,88 | 0,063 |
| „ „ VI | 86 | 87 | 91 | 84 | 86 | 87 | 50 | 9,0 | 41,0 | 20,0 | 14,7 | 5,3 | 0,07 | 19,18 | 20,14 | 0,048 |
| „ „ VII | 82 | 83 | 84 | 79 | 86 | 83 | 40 | 7,6 | 32,4 | 10,0 | 5,4 | 4,6 | 0,06 | 14,46 | 15,18 | 0,036 |
| „ „ VIII | 73 | 76 | 78 | 73 | 75 | 75 | 40 | 12,2 | 27,8 | 10,0 | 6,0 | 4,0 | 0,05 | 11,21 | 11,77 | 0,028 |
| „ „ IX | 70 | 73 | 75 | 70 | 72 | 72 | 40 | 17,3 | 22,7 | 10,0 | 6,3 | 3,7 | 0,04 | 8,79 | 9,23 | 0,022 |
| „ „ X | 68 | 70 | 70 | 67 | 69 | 69 | 40 | 17,4 | 22,6 | 10,0 | 6,0 | 4,0 | 0,05 | 8,38 | 8,80 | 0,020 |
| | | | | | | | 880 | 93,7 | 786,3 | 200 | 120,1 | 79,9 | 1,00 | 403,33 | 423,45 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 315,71 Pfund,
in Section IV bis X 87,62 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 78,3 %,
die sechs letzten Sectionen 21,7 %
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Schieber I des Schornsteins ist geöffnet, Schieber II geschlossen.

**Brennmaterial: Koks.**
Zugewogen 180 Pfund.
Zurückgewogen 5 „
Verbrannt 175 Pfund.

## XXXVII. Versuch.

Mittwoch, den 1. Juli 1863.
Gekrümmter Feuerzug.
Directe Feuerung.

Angefangen 6h 15′.
Aufgehört 4h 15′.
Dauer 10h —′.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 754,7 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | b. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | c. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung des Abends am 1. Juli. | die Wasserfüllung des Morgens am 2. Juli. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | d. Es wurden erzielt: Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der Mauer | 70 | 120 | 170 | 180 | 195 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 260 | 290 | 270 | 275 | 260 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 19 | 20 | 22 | 23 | 24 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 280 | 4 | 276 | 20 | 6,8 | 13,2 | 0,20 | 157,71 | 165,60 | 0,313 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 260 | 8 | 252 | 20 | 7,8 | 12,2 | 0,19 | 144,00 | 151,20 | 0,286 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 12 | 128 | 20 | 11,8 | 8,2 | 0,13 | 73,14 | 76,80 | 0,145 |
| „ „ IV | 94 | 98 | 99 | 96 | 94 | 96 | 90 | 14,4 | 75,6 | 10 | 3,6 | 6,4 | 0,10 | 41,47 | 43,54 | 0,082 |
| „ „ V | 88 | 89 | 90 | 89 | 88 | 89 | 60 | 7,6 | 52,4 | 10 | 4,6 | 5,4 | 0,08 | 26,65 | 27,98 | 0,053 |
| „ „ VI | 85 | 85 | 86 | 86 | 84 | 85 | 50 | 10,6 | 39,4 | 10 | 5,2 | 4,8 | 0,07 | 19,14 | 20,10 | 0,038 |
| „ „ VII | 79 | 79 | 81 | 80 | 80 | 80 | 40 | 10,0 | 30,0 | 10 | 6,0 | 4,0 | 0,06 | 13,71 | 14,40 | 0,027 |
| „ „ VIII | 72 | 74 | 76 | 74 | 73 | 74 | 40 | 15,4 | 24,6 | 10 | 6,4 | 3,6 | 0,06 | 10,40 | 10,92 | 0,021 |
| „ „ IX | 70 | 72 | 73 | 72 | 72 | 72 | 30 | 8 | 22,0 | 10 | 7,0 | 3,0 | 0,05 | 9,05 | 9,50 | 0,018 |
| „ „ X | 69 | 70 | 71 | 70 | 70 | 70 | 30 | 9 | 21,0 | 10 | 6,7 | 3,3 | 0,05 | 8,40 | 8,82 | 0,017 |
| | | | | | | | 1020 | 99,0 | 921,0 | 130 | 64,9 | 65,1 | 1,00 | 503,67 | 528,86 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt
in Section I bis IV 416,32 Pfund,
in Section IV bis X 87,35 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 82,6%,
die sechs letzten Sectionen 17,4%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Schieber I des Schornsteins ist geöffnet, Schieber II geschlossen.

**Temperaturen im Feuerzuge.**

| | Zeit. | t. | t′. | t′ — t. | T. |
|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsöffnung I | 8 Uhr | 12,5 | 19,1 | 6,6 | 625° |
| „ II | „ | 12,3 | 15,5 | 3,2 | 309° |
| „ III | „ | 12,4 | 14,9 | 2,5 | 244° |
| Versuchsöffnung I | 10 Uhr | 13,0 | 20,0 | 7,0 | 660° |
| „ II | „ | 12,7 | 16,4 | 3,7 | 356° |
| „ III | „ | 13,7 | 16,5 | 2,8 | 273° |
| Versuchsöffnung I | 12 Uhr | 13,8 | 20,5 | 6,7 | 635° |
| „ II | „ | 13,5 | 17,0 | 3,5 | 338° |
| „ III | „ | 12,9 | 15,5 | 2,6 | 254° |
| Versuchsöffnung I | 2 Uhr | 12,9 | 19,7 | 6,8 | 644° |
| „ II | „ | 12,5 | 16,0 | 3,5 | 337° |
| „ III | „ | 12,7 | 15,4 | 2,7 | 263° |
| Versuchsöffnung I | 4 Uhr | 13,1 | 19,8 | 6,7 | 635° |
| „ II | „ | 13,2 | 16,5 | 3,3 | 319° |
| „ III | „ | 14,5 | 17,0 | 2,5 | 246° |

Brennmaterial: Steinkohlen.
Zugewogen 270 Pfund.
Zurückgewogen 2,5 "
Verbrannt 267,5 Pfund.

## XXIX. Versuch.

**Montag, den 11. Mai 1863.**

Gekrümmter Feuerzug.
Vorfeuerung.

Angefangen 6h 45′.
Aufgehört 4h 45′.
Dauer 10h —′.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 746,1 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | b. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | c. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung des Abends am 11. Mai. | des Morgens am 12. Mai. | die Verdunstung absolut. | in Procenten. | d. Es wurden erzielt: Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der Mauer | 30 | 61 | 108 | 122 | 140 | " | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 240 | 310 | 310 | 310 | 310 | " | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 15 | 16 | 19 | 19 | 18 | " | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 | 10 | 490 | 30 | 3,9 | 26,1 | 0,31 | 183,18 | 192,34 | 0,434 |
| " " II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 16,9 | 193,1 | 20 | 7,0 | 13,0 | 0,16 | 72,19 | 75,80 | 0,171 |
| " " III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 150 | 13,3 | 136,7 | 20 | 10,9 | 9,1 | 0,11 | 51,10 | 53,66 | 0,121 |
| " " IV | 100 | 100 | 100 | 98 | 94 | 98 | 100 | 6,6 | 93,4 | 10 | 2,4 | 7,6 | 0,09 | 34,22 | 35,93 | 0,081 |
| " " V | 94 | 96 | 91 | 90 | 87 | 92 | 80 | 14,1 | 65,9 | 10 | 3,9 | 6,1 | 0,07 | 22,66 | 23,80 | 0,054 |
| " " VI | 87 | 92 | 87 | 85 | 85 | 87 | 70 | 20,1 | 49,9 | 10 | 4,8 | 5,2 | 0,06 | 16,23 | 17,04 | 0,038 |
| " " VII | 84 | 89 | 82 | 83 | 79 | 83 | 60 | 15,5 | 44,5 | 10 | 5,6 | 4,4 | 0,05 | 13,81 | 14,50 | 0,033 |
| " " VIII | 78 | 85 | 80 | 78 | 76 | 79 | 50 | 12,0 | 38,0 | 10 | 5,9 | 4,1 | 0,05 | 11,22 | 11,78 | 0,026 |
| " " IX | 76 | 80 | 78 | 75 | 74 | 76 | 40 | 7,8 | 32,2 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,05 | 9,15 | 9,61 | 0,022 |
| " " X | 74 | 77 | 75 | 71 | 71 | 74 | 40 | 10,1 | 29,9 | 10 | 5,8 | 4,2 | 0,05 | 8,27 | 8,68 | 0,020 |
| | | | | | | | 1300 | 126,4 | 1183,6 | 140 | 56,4 | 83,6 | 1,000 | 422,03 | 443,13 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 319,87 Pfund,
in Section IV bis X 99,72 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 80,7 %,
die sechs letzten Sectionen 19,3 %
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Beide Schornsteinschieber sind geöffnet.

## XXXVIII. Versuch.

**Donnerstag, den 2. Juli 1863.**

Gekrümmter Feuerzug.
Directe Feuerung.

| | |
|---|---|
| **Brennmaterial:** | Steinkohlen. |
| Zugewogen | 210 Pfund. |
| Zurückgewogen | 2 " |
| Verbrannt | 208 Pfund. |

| | |
|---|---|
| Angefangen | 6 h 20′. |
| Aufgehört | 4 h 20′. |
| Dauer | 10 h —′. |
| Wassertemperatur | 10° C. |
| Barometerstand | 750,3 Millimeter. |

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | |
| | 8 h | 10 h | 12 h | 2 h | 4 h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 2. Juli. | des Morgens am 3. Juli. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 110 | 165 | 180 | 195 | 205 | " | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 | " | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 21 | 24 | 26 | 26 | 29 | " | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 460 | 10,9 | 449,1 | 20 | 5,5 | 14,5 | 0,22 | 215,91 | 226,71 | 0,380 |
| " " II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 330 | 8,9 | 321,1 | 20 | 7,0 | 13,0 | 0,19 | 154,38 | 162,10 | 0,272 |
| " " III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 160 | 13,3 | 146,7 | 20 | 11,3 | 8,7 | 0,13 | 70,53 | 74,06 | 0,124 |
| " " IV | 98 | 100 | 98 | 98 | 92 | 97 | 100 | 13,3 | 86,7 | 10 | 3,5 | 6,5 | 0,10 | 40,43 | 42,45 | 0,071 |
| " " V | 91 | 91 | 92 | 91 | 86 | 91 | 80 | 18,6 | 61,4 | 10 | 4,2 | 5,8 | 0,09 | 26,86 | 28,20 | 0,047 |
| " " VI | 88 | 88 | 89 | 88 | 83 | 87 | 60 | 15,8 | 44,2 | 10 | 5,5 | 4,5 | 0,07 | 18,49 | 19,41 | 0,033 |
| " " VII | 82 | 83 | 84 | 83 | 78 | 82 | 50 | 13,9 | 36,1 | 10 | 6,0 | 4,0 | 0,06 | 14,23 | 14,94 | 0,025 |
| " " VIII | 76 | 76 | 75 | 76 | 75 | 76 | 40 | 10,6 | 29,4 | 10 | 6,5 | 3,5 | 0,05 | 10,74 | 11,28 | 0,019 |
| " " IX | 72 | 72 | 73 | 74 | 70 | 72 | 40 | 15,2 | 24,8 | 10 | 7,0 | 3,0 | 0,04 | 8,58 | 9,03 | 0,015 |
| " " X | 69 | 69 | 70 | 70 | 69 | 69 | 30 | 6,6 | 23,4 | 10 | 6,4 | 3,6 | 0,05 | 7,76 | 8,15 | 0,014 |
| | | | | | | | 1350 | 127,1 | 1222,9 | 130 | 62,9 | 67,1 | 1,00 | 567,91 | 596,33 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 481,25 Pfund,
in Section IV bis X 81,66 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 84,7%,
die sechs letzten Sectionen 15,3%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Beide Schornsteinschieber sind geöffnet.

### Temperaturen im Feuerzuge.

| | Zeit. | t. | t′. | t′—t. | T. |
|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsöffnung I | 8 Uhr | 12,8 | 22,5 | 9,7 | 913° |
| " II | " | 12,5 | 16,7 | 4,2 | 402° |
| " III | " | 12,7 | 16,0 | 3,3 | 319° |
| Versuchsöffnung I | 10 Uhr | 13,4 | 23,1 | 9,7 | 913° |
| " II | " | 13,1 | 17,5 | 4,4 | 421° |
| " III | " | 14,2 | 17,5 | 3,3 | 320° |
| Versuchsöffnung I | 12 Uhr | 13,5 | 23,0 | 9,5 | 895° |
| " II | " | 13,2 | 17,3 | 4,1 | 394° |
| " III | " | 14,1 | 17,3 | 3,2 | 311° |
| Versuchsöffnung I | 2 Uhr | 13,7 | 23,0 | 9,3 | 876° |
| " II | " | 13,4 | 17,6 | 4,2 | 403° |
| " III | " | 13,9 | 17,2 | 3,3 | 320° |
| Versuchsöffnung I | 4 Uhr | 14,6 | 23,5 | 8,9 | 840° |
| " II | " | 14,0 | 18,2 | 4,2 | 404° |
| " III | " | 16,7 | 20,0 | 3,3 | 317° |

## XI. Versuch.

Dienstag, den 20. Mai 1862.

Vorfeuerung.

Weiter Zug.

Brennmaterial: Steinkohlen.
Zugewogen 240 Pfund.
Zurückgewogen — „
Verbrannt 240 Pfund.

Angefangen 7 h —'.
Aufgehört 5 h —'.
Dauer 10 h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 740,9 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | |
| | 9 h | 10 h | 12 h | 2 h | 4 h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 20. Mai. | des Morgens am 21. Mai. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 40 | 68 | 100 | 120 | 140 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 300 | 310 | 310 | 310 | 310 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 455 | 17,5 | 437,5 | 62,5 | 26,75 | 35,75 | 0,31 | 182,29 | 191,41 | 0,497 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 32,75 | 177,25 | 32,75 | 12,5 | 20,25 | 0,17 | 73,85 | 77,55 | 0,201 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 27,5 | 97,5 | 27,5 | 14,5 | 13 | 0,11 | 40,63 | 42,66 | 0,111 |
| „ „ IV | 85 | 88 | 88 | 88 | 86 | 87 | 80 | 22,75 | 57,25 | 22,75 | 12,75 | 10 | 0,09 | 20,75 | 21,79 | 0,057 |
| „ „ V | 75 | 76 | 77 | 77 | 76 | 76 | 55 | 20,5 | 34,5 | 20,5 | 12,5 | 8 | 0,07 | 10,93 | 11,47 | 0,030 |
| „ „ VI | 66 | 72 | 72 | 71 | 70 | 70 | 35 | 10,75 | 24,25 | 10,75 | 5,5 | 5,25 | 0,05 | 7,07 | 7,43 | 0,019 |
| „ „ VII | 75 | 76 | 78 | 79 | 72 | 76 | 45 | 13,5 | 31,5 | 13,5 | 8,25 | 5,25 | 0,05 | 9,98 | 10,47 | 0,027 |
| „ „ VIII | 73 | 75 | 75 | 77 | 75 | 75 | 45 | 14,5 | 30,5 | 14,5 | 8,25 | 6,25 | 0,05 | 9,53 | 10,01 | 0,026 |
| „ „ IX | 66 | 68 | 69 | 69 | 69 | 68 | 45 | 20,25 | 24,75 | 20,25 | 12,75 | 7,5 | 0,06 | 7,01 | 7,36 | 0,019 |
| „ „ X | 60 | 62 | 63 | 66 | 63 | 63 | 35 | 16,5 | 18,5 | 16,5 | 12,0 | 4,5 | 0,04 | 4,86 | 5,10 | 0,013 |
| | | | | | | | 1130 | 196,5 | 933,5 | 241,50 | 125,75 | 115,75 | 1,00 | 366,90 | 385,25 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 317,52 Pfund,
in Section IV bis X 49,38 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 86,6 %,
die sechs letzten Sectionen 13,4 %
des pro 100 Pfd Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Schieber Nr. I ist geöffnet. Vor Beginn des Versuches wurden die Heizflächen der Sectionen I, II, III, IV und VIII, IX und X mittelst eines, an einer Stange befestigten Strohwisches vom Ruß befreit. Die Fläche der Section VII konnte nur theilweise gekehrt werden, die der Sectionen V und VI blieben unberührt.

**Brennmaterial: Koks.**
Zugewogen 260 Pfund.
Zurückgewogen 10 „
Verbrannt 250 Pfund.

# XLI. Versuch.

Dienstag, den 7. Juli 1863.
Directe Feuerung.
Weiter Zug.

Angefangen 6h 30'.
Aufgehört 4h 30'.
Dauer 10h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 755,6 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | b. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | c. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung des Abends am 7. Juli. | die Wasserfüllung des Morgens am 8. Juli. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Procenten. | d. Es wurden erzielt: Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der Mauer | 108 | 160 | 182 | 193 | 210 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 310 | 310 | 310 | 310 | 310 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 21 | 23 | 25 | 27 | 27 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 520 | 13,9 | 506,1 | 20 | 5,6 | 14,4 | 0,20 | 202,44 | 212,56 | 0,389 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 340 | 11,1 | 328,9 | 20 | 6,0 | 14,0 | 0,19 | 131,56 | 138,14 | 0,253 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 170 | 14,5 | 155,5 | 20 | 10,8 | 9,2 | 0,13 | 62,20 | 65,32 | 0,119 |
| „ „ IV | 96 | 100 | 100 | 96 | 94 | 97 | 110 | 13,3 | 96,7 | 10 | 2,5 | 7,5 | 0,10 | 37,52 | 39,40 | 0,072 |
| „ „ V | 91 | 95 | 93 | 92 | 91 | 92 | 80 | 9,5 | 70,5 | 10 | 3,5 | 6,5 | 0,09 | 25,94 | 27,24 | 0,050 |
| „ „ VI | 88 | 93 | 91 | 90 | 88 | 90 | 60 | 6,3 | 53,7 | 10 | 4,5 | 5,5 | 0,07 | 19,33 | 20,30 | 0,037 |
| „ „ VII | 83 | 86 | 85 | 84 | 83 | 84 | 50 | 7,1 | 42,9 | 10 | 5,4 | 4,6 | 0,06 | 14,41 | 15,13 | 0,028 |
| „ „ VIII | 78 | 81 | 79 | 79 | 78 | 79 | 50 | 15,2 | 34,8 | 10 | 5,8 | 4,2 | 0,06 | 11,00 | 11,55 | 0,021 |
| „ „ IX | 75 | 79 | 76 | 76 | 75 | 76 | 40 | 12,1 | 27,9 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,05 | 8,48 | 8,90 | 0,016 |
| „ „ X | 72 | 76 | 75 | 75 | 72 | 74 | 40 | 13,0 | 27,0 | 10 | 6,2 | 3,8 | 0,05 | 7,99 | 8,39 | 0,015 |
| | | | | | | | 1460 | 116,0 | 1344,0 | 130 | 56,5 | 73,5 | 1,00 | 520,87 | 546,93 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100 pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 433,72 Pfund,
in Section IV bis X 87,15 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 83,3%,
die sechs letzten Sectionen 16,7%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Beide Schornsteinschieber sind geöffnet.

## Temperaturen im Feuerzuge.

| | Zeit. | t. | t'. | t' — t. | T. |
|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsöffnung I | 8 Uhr | 12,7 | 21,4 | 8,7 | 820° |
| „ II | „ | 13,5 | 17,6 | 4,1 | 394° |
| „ III | „ | 12,7 | 15,8 | 3,1 | 300° |
| Versuchsöffnung I | 10 Uhr | 13,1 | 22,6 | 9,5 | 894° |
| „ II | „ | 12,8 | 17,9 | 5,1 | 486° |
| „ III | „ | 13,6 | 17,1 | 3,5 | 338° |
| Versuchsöffnung I | 12 Uhr | 12,9 | 22,2 | 9,3 | 876° |
| „ II | „ | 13,5 | 18,5 | 5,0 | 477° |
| „ III | „ | 15,3 | 18,8 | 3,5 | 340° |
| Versuchsöffnung I | 2 Uhr | 12,8 | 21,8 | 9,0 | 848° |
| „ II | „ | 13,4 | 18,3 | 4,9 | 467° |
| „ III | „ | 15,2 | 18,4 | 3,2 | 312° |
| Versuchsöffnung I | 4 Uhr | 14,0 | 22,6 | 8,6 | 812° |
| „ II | „ | 13,9 | 18,0 | 4,1 | 394° |
| „ III | „ | 12,8 | 15,9 | 3,1 | 300° |

Die Resultate dieser Berichte sind in Fig. 5—8 auf Taf. 21—22 graphisch dargestellt. Zu diesen Darstellungen sind die Werthe der zweiten Columne der Abtheilung d benutzt worden. Die Länge der Pfanne ist in $^1/_{40}$ der natürlichen Größe aufgezeichnet, jedes Centimeter der wirklichen Länge also gleich 0,25 Millimeter der bildlich dargestellten angenommen worden. In der Mitte der Sectionen, die der Reihenfolge nach durch römische Ziffern angegeben sind, sind Ordinaten errichtet, deren Längen in Millimetern den Resultaten der zweiten Columne der Abtheilung d entsprechen. Die transmittirte Wärmeeinheit ist dabei durch ein Rechteck von $^1/_4$ Millimeter Basis und 1 Millimeter Höhe repräsentirt. Verbindet man die Endpunkte der Ordinaten, so erhält man eine gebrochene Linie, welche das Gesetz der Wärme-Transmission durch den Boden der Pfanne vor Augen legt. Wir wollen, der einfacheren Bezeichnung halber, diese Linie die Grenzlinie der Wärme-Transmission, oder kurzweg die Grenzlinie nennen.

Es erhellt nun unmittelbar:

daß die von der Grenzlinie, der ersten und letzten Ordinate und der die Oberfläche der Pfanne anzeigenden geraden Linie eingeschlossene Figur alsdann die Wärme angiebt, welche pro 500 Pfund Brennmaterial durch einen von der Mitte der ersten Section bis zur Mitte der letzten Section reichenden Längsstreifen der Bodenfläche von 1 Centimeter Breite transmittirt wird, wenn man die Einheit jener Fläche gleich einem Rechteck von 0,25 Millimeter Breite und 1 Millimeter Höhe annimmt,

und:

daß jeder durch zwei beliebige Ordinaten von dieser Fläche abgeschnittene Theil die Wärmemenge näherungsweise repräsentirt, welche durch den zwischen den Ausgangspunkten desselben liegenden Theil des Längsstreifens transmittirt wird.

Die transmittirten Wärmemengen würden für jeden beliebigen Abschnitt des Längsstreifens der Bodenfläche durch den darüber stehenden, durch die Ordinaten der Endpunkte begrenzten Figurentheil genau und nicht näherungsweise ausgedrückt werden, wenn die Grenzlinie wirklich eine aus geraden Linienstücken zusammengesetzte Linie wäre. Alsdann würden die ermittelten Versuchsresultate, wie es geschehen, genau in der Mitte der Sectionslängen aufzutragen sein. Wir haben indessen früher Resultate aufgestellt*), aus denen hervorgeht, daß bei der Wärmeübertragung mittelst heißer Gase die Grenzlinie eine nach unten gebogene krumme Linie sein muß. Bei einer solchen Linie liegt aber die Ordinate, welche das arithmetische Mittel zweier beliebigen andern Ordinaten ist, nicht in der Mitte zwischen diesen, sondern, über die Mitte hinaus, der größeren Ordinate genähert.

Im Uebrigen erhellt unmittelbar, daß die Wärme-Transmission nur an denjenigen Theilen der Bodenfläche nach jener krummen Linie erfolgen kann, welche nicht von der strahlenden Wärme des Feuerheerdes oder der in Gluth gerathenen Theile der Feuerung getroffen werden. Ueber den ersten Sectionen wird deshalb die Grenzlinie in den Fällen, wo dieselben über dem Feuerheerde liegen, anders gestaltet sein müssen, als in den Fällen, in welchen die Sectionsflächen zurück liegen, und nur noch sehr wenig von der strahlenden Wärme des Heerdes aufnehmen können.

Fig. 5 gewährt die vergleichende Darstellung zweier, bei gekrümmtem Zuge, doppeltem Schornsteinquerschnitt und Koksfeuerung vorgenommenen Versuche. Die ausgezogene Linie bezeichnet die Grenzlinie der Wärme-Transmission für diejenige Anordnung der Pfanne, bei welcher dieselbe über dem Feuerheerde lag, die punktirte Linie dagegen ist die Grenzlinie der Anordnung mit zurückgezogener Pfanne, bei welcher durch Ueberwölbung des Heerdes eine Vorfeuerung gebildet war. Die Anordnung der directen Heizfläche führte eine Steigerung des Heizeffects von 414 Wärmeeinheiten auf 524 Wärmeeinheiten herbei, also einen Gewinn von 110 Wärmeeinheiten oder 26% nahezu. Dieser Gewinn wurde hauptsächlich in den ersten Sectionen erzielt. In der fünften Section durchschneiden sich die Grenzlinien; die der Vorfeuerung tritt über die der directen Heizfläche, was auch dem Sachverhalt entspricht, da die Gase bei dieser Anordnung mit höherer Temperatur zu den hinteren Sectionen gelangen, als bei jener.

Fig. 6 zeigt die Vergleichung der Resultate zweier Versuche, welche bei gekrümmtem Zuge, einfachem Schornsteinquerschnitt und Koksfeuerung vorgenommen wurden. Auch hier entspricht die ausgezogene Linie dem Versuche mit directer Heizfläche und die punktirte demjenigen mit Vorfeuerung. Der Heizeffect stieg durch Anwendung der directen Heizfläche von 423 auf 528 Wärmeeinheiten, und diese Anordnung gewährte gegen die mit Vorfeuerung einen Gewinn von 105 Wärmeeinheiten oder nahezu 25%. Dieser Gewinn ist fast allein in den ersten fünf Sectionen erzielt worden; die Grenzlinie der Vorfeuerung durchschneidet zwar in der fünften Section die der directen Heizfläche, erhebt sich aber in den folgenden Sectionen nur unmerklich über die letztere. Dies ist dem Umstande zuzuschreiben, daß des geringen Schornsteinquerschnittes halber die Gase sich verhältnißmäßig langsam bewegen, und in beiden Fällen fast bis zu derselben Temperatur abgekühlt die hinteren Sectionen erreichen.

*) Civil-Ingenieur, Bd. VI, S. 86.

Fig. 7 legt die Vergleichung der Resultate zweier Versuche dar, welche mit gekrümmtem Zuge, doppeltem Schornsteinquerschnitt und Steinkohlenfeuerung vorgenommen wurden. Die ausgezogene Grenzlinie des Versuchs mit directer Heizfläche erhebt sich in den ersten Sectionen beträchtlich über der punktirten Grenzlinie des Versuchs mit Vorfeuerung, senkt sich allmälig zu derselben, schneidet dieselbe aber erst in der siebenten Section, um von da, sich wenig unter die punktirte Grenzlinie senkend, bis zum Ende unter derselben bleibend, zu verlaufen. Daß die Grenzlinie der directen Heizfläche erst so spät von der Grenzlinie der Vorfeuerung geschnitten wird, muß dem langflammigen Brennmaterial und dem Einflusse der Berußung zugeschrieben werden. Der Heizeffect ist durch die Anwendung der directen Heizfläche von 443 Wärmeeinheiten auf 596 Wärmeeinheiten gestiegen, und erstere Anordnung gewährt demnach einen Gewinn von 153 Wärmeeinheiten oder nahezu 34,5 %.

Fig. 8 giebt die vergleichende Darstellung der Resultate zweier Versuche, welche mit Steinkohlenfeuerung bei einer Einrichtung des Feuerzuges vorgenommen wurden, bei welcher die Basis des Canals parallel der Bodenfläche der Pfanne in einem Abstande von 26 Centimeter lag, also in der Anordnung, welche Fig. 4 im Fuchs zeigt, gleichmäßig durchgeführt war. Eine Feuerbrücke kam bei diesen Versuchen nicht zur Anwendung. Indessen lag bei denselben insofern außer der veränderten Lage der Heizflächen eine Abweichung vor, als bei dem Versuche mit Vorfeuerung einfacher, bei dem Versuche mit directer Heizfläche aber doppelter Schornsteinquerschnitt zur Anwendung kam, und dem ersteren Versuche eine Säuberung der mehrere Tage vorher durch Steinkohlenfeuerung berußten Heizflächen der hinteren Sectionen vorausging. In Folge dessen erscheint die Grenzlinie des Versuchs mit Vorfeuerung unregelmäßig gestaltet, von der sechsten Section ab aufsteigend, immer aber unter der des Versuchs mit directer Feuerung bleibend. Bei diesem Versuche stieg der Heizeffect von 385 Wärmeeinheiten auf 546 Wärmeeinheiten, derselbe gewährt also einen Zuwachs von 161 Wärmeeinheiten oder nahezu 41,8 %. Diese Zunahme des Heizeffects möchte zum Theil, wenn auch nur in sehr geringem Maße, der Verdoppelung des Schornsteinquerschnitts mit beizumessen sein.

Sämmtliche Versuche weisen überzeugend die Vorzüge directer Feuerung gegen die Anordnung der Vorfeuerung nach. Ueberall zeigt sich bei Anwendung der ersteren ein beträchtlicher Zuwachs des Heizeffects, im ungünstigsten Falle um 25 % desselben, unter sonst gleich bleibenden Umständen. Allerdings kann entgegnet werden, daß die durch die Vorfeuerung entstehenden Verluste abhängig von deren Construction, der Stärke und dem Material der Mauern des Feuerheerdes seien, und daß bei stärkern Mauern, als die waren, welche bei dem Heerde der Versuchsfeuerung angeordnet wurden, auch die Verluste durch Abkühlung der Heerdmauern kleiner sein würden. Aber es muß entgegnet werden, daß die Mauern des Feuerheerdes 30 Centimeter stark waren, und daß die Decke desselben durch eine 25 Centimeter starke Aschenschicht gegen Abkühlung gesichert wurde; Dimensionen, welche der Größe des Heerdes und den gebräuchlichen Verhältnissen vollkommen entsprechend sind.

Fragt man nun nach den Ursachen, welche den Mehr-Effect bei Anordnung directer Feuerung an Stelle der Vorfeuerung bedingen, so können wir nur erwiedern, daß dieselben offenbar darin bestehen, daß bei Uebertragung der auf dem Heerde producirten Wärme im Wege der Strahlung an die Heizfläche und durch diese an die zu erwärmende Flüssigkeit im Gefäß geringere Hindernisse zu überwinden sind, als bei der Transmission der Wärme von den erhitzten Gasen an die Heizfläche und durch deren Wandungen an die Flüssigkeit. Die Temperaturbeobachtungen, welche von uns bei der letzten Reihe der vorgenommenen Versuche im Innern des Feuerzuges angestellt worden sind, und ihr Vergleich mit dem Nutzeffect der über den Beobachtungsörtern liegenden Sectionen legen diesen, für die Praxis der Feuerungskunde wichtigen Satz unmittelbar vor Augen. Derselbe folgt indessen auch aus der einfachen Erwägung, daß bei der directen Erwärmung der Heizflächen alle diejenigen Hindernisse wegfallen, welche zu überwinden sind, wenn die Wärme erst mittelst des Zwischenmittels der Heizgase den Heizflächen mitgetheilt werden soll. Wenn die Decke des Feuerraums durch den Metallboden des Gefäßes, welches im Innern durch die verdampfende Flüssigkeit auf einer verhältnißmäßig niederen Temperatur erhalten wird, gebildet ist, so wird durch diese Decke, wie bekannte physikalische Gesetze darlegen und unsere Beobachtungen bewahrheiten, sehr rasch eine bedeutende Wärmemenge absorbirt und in Folge dessen die Temperatur des Feuerraums ermäßigt. Dies bedingt dann aber, daß die nicht unmittelbar vom Brennmaterial berührten Seitenwandungen dieses Raumes weniger erhitzt werden und die Heizgase mit niederer Temperatur in den Heizcanal treten, als in dem Falle, bei welchem die Decke des Feuerraumes durch ein Mauergewölbe gebildet wird. Die geringere Erwärmung der Umfassungswände des Feuerraums führt eine Herabziehung der Wärmeverluste durch diese herbei, und die geringere Erwärmung der Heizgase bedingt eine Ermäßigung der Wärmeverluste durch die Seitenwände des Heizcanals. Die Erhöhung des Heizeffects in den hintern Sectionen bei Anwendung der Vorfeuerung durch die bei dieser, unter sonst gleichen Umständen vorhandene höhere Temperatur der Heizgase ist dagegen unbeträchtlich, da durch die großen Widerstände, welche sich der Transmission der Wärme von den Gasen an die metallene Kesselwandung, und von dieser an die Flüssigkeit, entgegenstellen, einer verhältnißmäßig bedeu-

tenden Steigerung der Temperatur der Gase nur eine sehr geringe Erhöhung des Heizeffects entspricht. Daher werden die Gase, ohne einen nennenswerthen Theil ihrer Mehrwärme abgeben zu können, in diesem Falle mit einer höheren Temperatur in den Schornstein entweichen. Wie groß die Widerstände der Wärme-Transmission durch die Metallwandungen sind, ergiebt sich gleichmäßig aus allen Versuchen. Bei denselben war die Temperatur der Heizgase unter der letzten Section durchschnittlich weit über 300°, die des Wassers in dieser aber im Mittel nur gegen 70°, bei einer Stärke der Kesselwandung von 4 Millimetern. Eine so dünne Wandung vermochte demnach noch am Ende der Pfanne eine Differenz der Temperatur von 230° zwischen den beiden durch sie getrennten Flüssigkeiten zu erhalten.

Zur Begründung des Gesagten führen wir einige Temperaturbeobachtungen auf, welche in dem Heizcanal vorgenommen wurden. Bei diesen lag:

bei der Anordnung mit Vorfeuerung
der Ort I unter Section I,
" " II " " V,
" " III " " X,
bei der Anordnung mit directer Heizfläche
der Ort I am Ende der Section II,
" " II unter Section VI,
" " III " " X.

| Die Beobachtung erfolgte: um | in Ort | Temperaturen bei: Steinkohlenfeuerung mit doppeltem Schornsteinquerschnitt. Vorfeuerung Versuch XXIX. | Steinkohlenfeuerung … Directe Feuerung Versuch XXXVIII. | Kokesfeuerung mit einfachem Schornsteinquerschnitt. Vorfeuerung Versuch XXVIII. | Kokesfeuerung … Directe Feuerung Versuch XXXVII. |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 Uhr Morgens | I | 900° | 913° | — | — |
| " | II | 484° | 402° | — | — |
| " | III | 391° | 319° | — | — |
| 10 Uhr Morgens | I | 938° | 913° | 710° | 660° |
| " | II | 504° | 421° | 431° | 356° |
| " | III | 401° | 320° | 292° | 273° |
| 12 Uhr Mittags | I | 845° | 895° | 707° | 635° |
| " | II | 484° | 394° | 383° | 358° |
| " | III | 382° | 311° | 319° | 254° |
| 2 Uhr Nachmittags | I | 947° | 876° | 892° | 644° |
| " | II | 521° | 403° | 447° | 337° |
| " | III | 448° | 320° | 402° | 263° |
| 4 Uhr Nachmittags | I | 864° | 840° | 622° | 635° |
| " | II | 493° | 404° | 373° | 319° |
| " | III | 410° | 317° | 216° | 246° |
| **Im mittleren Durchschnitt:** | | | | | |
| | I | 899° | 887° | 733° | 643° |
| | II | 497° | 405° | 408° | 342° |
| | III | 406° | 337° | 307° | 259° |

Es betrug im mittleren Durchschnitt bei

| im Ort. | Steinkohlenfeuerung mit doppeltem Schornsteinquerschnitt. Vorfeuerung Versuch XXIX. | Steinkohlenfeuerung … Directe Feuerung Versuch XXXVIII. | Differenz. | Kokesfeuerung mit einfachem Schornsteinquerschnitt. Vorfeuerung Versuch XXVIII. | Kokesfeuerung … Directe Feuerung Versuch XXXVII. | Differenz. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **a) die Temperatur:** | | | | | | |
| I | 899° | 887° | 12° | 733° | 643° | 90° |
| II | 497° | 405° | 92° | 408° | 342° | 66° |
| III | 406° | 337° | 69° | 307° | 259° | 48° |
| **b) der Heizeffect** in Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial in der über dem betreffenden Ort befindlichen Section. | | | | | | |
| I | 183,18 | 154,38 | 28,80 | 159,81 | 144,00 | 15,81 |
| II | 22,66 | 18,49 | 4,17 | 29,89 | 19,14 | 10,55 |
| III | 8,27 | 7,76 | 0,51 | 12,41 | 8,40 | 4,01 |

Die Differenzen der Heizeffecte entsprechen bei Koksfeuerung den Differenzen der Temperaturen der Heizgase. Dies ist bei der Feuerung mit Steinkohlen nicht der Fall. Bei dieser ist die Differenz der Heizeffecte über dem Orte I verhältnißmäßig groß, die Differenz der Heizgas-Temperaturen an dieser Stelle aber sehr klein. An den beiden andern Oertern sind die Differenzen der Temperaturen der Gase zwar den Verhältnissen entsprechend, die Differenz der Heizeffecte an Ort III aber offenbar zu klein. Durch zwei verschiedene Umstände scheinen diese Abweichungen herbeigeführt worden zu sein. Die fast gleichen Temperaturbeobachtungen bei beiden Feuerungseinrichtungen in Ort I sind wohl dadurch veranlaßt, daß die Versuchseisen in beiden Fällen der langen Flamme des Steinkohlenfeuers nicht vollständig entzogen werden konnten, in Folge dessen dieselben fast gleich stark erhitzt wurden und nahezu gleiche Temperaturen der Heizgase angaben. Die geringe Differenz der Heizeffecte in der letzten Section ist dagegen durch die Berußung der Heizfläche derselben bedingt, welche den Widerstand gegen den Durchgang der Wärme derartig vermehrte, daß eine beträchtliche Steigerung der Temperatur der Heizgase von kaum nennenswerther Erhöhung des Heizeffects begleitet war.

Wir haben oben bei Vergleichung der Gesammt-Resultate nachgewiesen, daß bei Steinkohlen als Brennmaterial sich in einem Falle eine Vergrößerung des Heizeffects von 34,5% und in einem andern von 41,5% durch Anwendung der directen Feuerung an Stelle der Vorfeuerung erzielen ließ, während sich bei Koks als Brennmaterial nur nahezu 25% und 26% Erhöhung herausstellten. Der beträchtliche Ueberschuß der Vermehrung des Heizeffects bei Feuerung mit Steinkohlen ist aber zum größeren Theil dem Einfluß der Berußung beizumessen. Wir werden in einem andern Aufsatz auf die nachtheiligen Folgen derselben näher eingehen. Hier sei nur erwähnt, daß die an der directen Heizfläche in Folge der Steinkohlenfeuerung eintretende Berußung nicht schädlich ist, da durch dieselbe das Absorptionsvermögen der Metallflächen gegen Wärmestrahlen beträchtlich gesteigert wird und außerdem, der Einwirkung des Feuers halber, die Rußlage nie von bedeutender Stärke werden kann. Dagegen macht sich die Berußung an den indirecten Heizflächen als äußerst nachtheilig bemerkbar, indem sie die Widerstände gegen die Wärme-Transmission außerordentlich vermehrt. Wenn man daher an Stelle der Vorfeuerung directe Erwärmung der vordern Heizflächen anordnet, so hat man, ganz abgesehen von allen andern bereits nachgewiesenen Vortheilen, für Steinkohlen eine Lage der Heizflächen angeordnet, welche einen Theil derselben in hohem Maaße geeigneter zur Aufnahme der im Feuerraume producirten Wärme macht.

Brieg a/Oder im Mai 1864.

---

# Bericht über Versuche mit einer viercylindrigen Locomotive auf der Eisenbahn der Glashütte zu Saint Gobain

von

**Petiet**, Betriebsoberingenieur*) der Nordbahn.

(Hierzu Tafel 23 und 24.)

Der Hauptzweck der nachstehend zu referirenden Versuche war die Prüfung der betreffenden Locomotiven auf ihr Verhalten in starken Curven und Herr Biver, Generaldirector der Glasmanufactur zu Saint Gobain, war so freundlich, uns hierzu die Benutzung der Eisenbahnstrecke von Chauny nach Saint Gobain zu gestatten.

Die fragliche Locomotive, welche auf den Tafeln 23 und 24 dargestellt ist; ruht auf 6 Paar Rädern von 1,065 Met. Durchmesser, wovon immer 3 Paar unter sich gekuppelt und von 2 Cylindern von 0,44 Met. Durchmesser und 0,44 Met. Hub getrieben werden. Die beiden Treibaxen liegen 3,72, die beiden äußersten Axen 6 Meter auseinander; Letztere haben 30 Millim. Spielraum in ihren Lagern und können sich also in der Richtung ihrer Axe auf jeder Seite um 15 Mill. aus der Mittellage verschieben, was auf das Durchlaufen von Curven von 150 Met. Radius berechnet ist. Der Rost hat 3,33 Quad.-Met. Fläche; die 464 Stück Rauchröhren sind 4 Cent. weit und 3,5 Met.

*) Eigentlich ingenieur en chef du matérial et de la traction, was vielleicht auch mit: Maschinenmeister übersetzt werden könnte.
D. Red.

lang, besitzen also 189 Quad.-Met. Heizfläche und über dem Kessel liegt ein Dampftrockner von 22 Quadr.-Met. Heizfläche, sodaß unter Hinzurechnung der Feuerkistenoberfläche (10 Quad.-Met.) sich eine totale Heizfläche von 221 Quad.-Met. ergiebt. Die absolute Spannung der Dämpfe beträgt 9 Atmosphären.

Die Maschine wiegt, incl. 8000 Kil. Wasser- und 2200 Kil. Kohlenvorrath, 59700 Kil., wovon 9200 Kil. auf jede der 3 Vorder- und 10700 Kil. auf jede der 3 Hinteraxen kommen; leer wiegt die Maschine 44500 Kil.

Als Brennmaterial wendet man Kleinkohle an, aus welcher ca. 25 % Kohlenstücken (gailleterie) ausgelesen sind, und man verbrennt diese klare Kohle auf einem Roste mit sehr dicht liegenden Stäben nach Belpaire's System.

Die Eisenbahn von Chauny nach Saint Gobain (Taf. 24, Fig. 5 und 6) hat 14,5 Kilometer Länge und besitzt anfangs nur Steigungen von 13 Millim. pro Meter mit Curven von mindestens 275 Met. Radius, endigt aber bei Saint Gobain in eine 3810 Met. lange Steigung mit folgendem Ansteigen:

eine Steigung v. 18:1000 auf 2140 Met. Länge } 3810 Met.
" " " 13:1000 " 300 " "
" " " 18:1000 " 1370 " "

Hierin liegen neun Curven, nämlich

3 Curven v. 275 M. Radius u. 1041 M. Länge } 2505 Met.
1 " " 300 " " " 220 " "
2 " " 350 " " " 730 " "
3 " " 400 " " " 510 " "

und neun gerade Strecken von 1305 Met. Länge.

Die Station Saint Gobain wird durch eine Curve und Contrecurve von 125 Met. Radius und 200 Met. Länge gebildet. Das Geleis ist bis in die Glasfabrik verlängert, wo es einen vollen Halbkreis von 80 Met. Radius und einem Ansteigen von 25:1000 bildet.

Zu den Versuchen war ein Zug aus 18 Wagen zusammengestellt, wovon 15 mit 10100 Kil. Kohle beladen waren, während die 3 andern Bremswagen waren, welche leer 12000 Kil. wogen. Jeder Wagen war gewogen und das Totalgewicht betrug 250200 Kil., incl. 151500 Kil. Kohlenladung.

Die Locomotive ließ sich ohne Schwierigkeit in Gang setzen und durchlief die ersten 11 Kilometer mit einer zwischen 21 und 27 Kilom. pro Stunde variirenden Geschwindigkeit, wie Tabelle A nachweist.

Tabelle A.

| Kilometerzeichen. | Zeit des Passirens jedes Kilometerzeichens. | | | Zeit der Zurücklegung von 1 Kilometer in Sec. | Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stund. | Min. | Sec. | | | |
| 3 | 12 | 28 | 43 | 170 | 21 | |
| 4 | " | 31 | 33 | 162 | 24 | |
| 5 | " | 34 | 15 | 142 | 25 | |
| 6 | " | 36 | 37 | 145 | 25 | |
| 7 | " | 39 | 2 | 141 | 25 | |
| 8 | " | 41 | 23 | 136 | $26\frac{1}{2}$ | |
| 9 | " | 43 | 39 | 164 | 22 | |
| 10 | " | 46 | 23 | 135 | 27 | |
| 11 | " | 48 | 38 | 229 | 16 | Steigung von 18:1000. |
| 12 | " | 52 | 27 | 205 | $17\frac{1}{2}$ | desgl. |
| 13 | " | 55 | 52 | 192 | 19 | desgl. |
| 14 | " | 59 | 4 | | | |

Von dem Kilometerzeichen Nr. 11 bis Nr. 14,3 ist der Moment des Durchganges vor jedem Hektometerzeichen bemerkt worden, um die Geschwindigkeit auf dieser fast durchgängig mit 0,018 ansteigenden Strecke zu ermitteln. Sie betrug 14 bis 20 Kilometer pro Stunde und die mittlere Geschwindigkeit auf die ganze Länge von 3400 Met. war 17,3 Kilometer. (Siehe nachstehende Tabelle B.) Hierbei ist zu bemerken, daß die Geschwindigkeit allmälig zunimmt, je mehr sich der Zug dem oberen Ende der Rampe nähert, was beweist, daß die Locomotive die Last von 250 Tonnen ohne Schwierigkeit fortbewegte. Sie durchlief die Curven mit Leichtigkeit und lief ohne Anstand in die Curve von 125 Met. Radius der Station Gobain ein.

Die Maschine wurde dann, nachdem sie gesäubert (aiguillée) war, an das Ende des Zuges von 18 Wagen gestellt, und hat denselben in Bewegung gesetzt und einige 100 Meter auf der Rampe von 0,018 abwärts gefahren. Hierauf hat sie ihn wieder zurückgeschoben, indem

sie am Ende des Zuges schiebend ihn ohne Schwierigkeit wieder nach der Station zurückgebracht hat. Dies beweist, daß sie einen Zug von 250 Tonnen Gewicht auf einer Steigung von 18 : 1000 ebenso gut ziehend als schiebend aufwärts zu bewegen vermag.

Tabelle B.

| Nummern der Kilometer- u. Hektometer-zeichen. Kil. | Hekt. | Zeit des Vorüberganges bei jedem Zeichen. Stund. | Min | Sec. | Zeit zum Durchlaufen von 1 Hektometer in Secunden. | Entsprechende Geschwindigkeit in Kilom. pro Stunde. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 0 | 12 | 48 | 38 | 24 | 15 |
| | 1 | | 49 | 2 | 22 | 16,4 |
| | 2 | | | 24 | 24 | 15 |
| | 3 | | | 48 | 25 | 14,4 |
| | 4 | | 50 | 13 | 24 | 15 |
| | 5 | | | 37 | 21 | 17,2 |
| | 6 | | | 58 | 22 | 16,4 |
| | 7 | | 51 | 20 | 22 | 16,4 |
| | 8 | | | 42 | 22 | 16,4 |
| | 9 | | 52 | 4 | 23 | 15,6 |
| 12 | 0 | | | 27 | 21 | 17,2 |
| | 1 | | | 48 | 23 | 15,6 |
| | 2 | | 53 | 11 | 21 | 17,2 |
| | 3 | | | 32 | 21 | 17,2 |
| | 4 | | | 53 | 18 | 20 |
| | 5 | | 54 | 11 | 21 | 17,2 |
| | 6 | | | 32 | 22 | 16,4 |
| | 7 | | | 54 | 21 | 17,2 |
| | 8 | | 55 | 15 | 19 | 19 |
| | 9 | | | 34 | 18 | 20 |
| 13 | 0 | | | 52 | 17 | 21,2 |
| | 1 | | 56 | 9 | | |
| | 2 | | | | 19 | 19 |
| | 3 | | | 47 | | |
| | 4 | | 57 | 6 | 19 | 19 |
| | 5 | | | 26 | 20 | 18 |
| | 6 | | | 47 | 21 | 17,2 |
| | 7 | | 58 | 7 | 20 | 18 |
| | 8 | | | 27 | 20 | 18 |
| | 9 | | | 45 | 18 | 20 |
| 14 | 0 | | 59 | 4 | 19 | 19 |
| | 1 | | | 25 | 21 | 17,2 |
| | 2 | | | 45 | 20 | 18 |
| | 3 | 1 | 0 | 8 | 23 | 15,7 |
| | 4 | | | 30 | 22 | 16,4. |

Berechnung. — Der Druck einer Atmosphäre auf den Kolben entspricht der Theorie noch einer Zugkraft von 1652 Kilogrammen, demnächst entspräche einem effectiven Drucke von 8 Atmosphären eine totale Zugkraft von 13200 Kilogr.; der Druck des Dampfes überträgt sich aber nicht mit voller Kraft auf die Räder, es muß vielmehr ein Coefficient, welcher in der Praxis zwischen 0,5 und 0,75 schwankt, angewendet werden. Dieser Coefficient umfaßt die Spannungsverluste, welche bei der Bewegung des Dampfes bis zu den Kolben und durch die Abkühlung in den Rohren, sowie durch das mit übergerissene Wasser bewirkt werden, ferner den Gegendruck im Ausblaserohre, die Reibungen und die Kraft zur Bewegung der Steuerung, endlich den Einfluß der Expansion, welche zwar einen ökonomischen Vortheil gewährt, aber eine Abnahme der Zugkraft zur Folge hat. Uebrigens kann eine Maschine nicht immer mit der höchsten Spannung arbeiten, sie muß vielmehr im Stande sein, den Zug auch bei einer niedrigeren Spannung fortzuschaffen.

Bei einer Steigung von 0,018 veranlaßt der Einfluß der Schwere bereits eine Kraft von 18 Kilogrammen pro Tonne Zuggewicht, incl. Maschine. Die Reibung, welche bei geraden Strecken und guter Schmierung zu 4 Kil. pro Tonne anzusetzen ist, muß hier der Curven wegen zu 6 Kil. abgeschätzt werden, so daß man zusammen 24 Kilogramme pro Tonne erhält. Demnach betrug der Zugwiderstand bei dem vorstehenden Versuche

für den Zug 250.24 = 6000 Kilogr.
für die Maschine 60.24 = 1440 „
zusammen 7440 Kilogr.

oder 0,555 von der höchsten theoretischen Leistung, welche wir soeben auf 13200 Kil. berechnet haben.

Diese Zugkraft beträgt $^1/_8$ vom Gewicht der gefüllten Maschine (59700 Kil. incl. Wasser- und Kohlenvorrath) und $^2/_{15}$ vom Gewicht der Maschine (56000 Kil.), wenn sie bereits gelaufen ist. Da dieselbe innerhalb der Grenzen von $^1/_7$ und $^1/_8$ bleibt, so sind die günstigen Verhältnisse bezüglich der Adhäsion nicht überschritten; auch hat die Maschine kein Gleiten bemerken lassen.

Aus dieser Rechnung geht hervor, daß diese Maschine im Stande wäre, noch größere Lasten aufwärts zu ziehen, aber es schien zweckmäßig, sie nicht stärker zu belasten. Ueberdies sollte dieser Versuch nicht das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit ermitteln, sondern es war blos zu untersuchen, wie sie sich bei der Durchlaufung starker Curven bewähren werde.

Die Locomotive mit 6 gekuppelten Axen hat die Curve von 80 Met. Radius nicht durchlaufen. Der Dienst auf der Strecke mit dieser und ähnlichen Curven, welche innerhalb der Fabrikanlagen der Gesellschaft gefunden werden, wird von der Gesellschaft der Nordbahn ohne Anstand mit Locomotiven für starke Steigungen verrichtet, welche 4 gekuppelte Axen und 3,8 Met. Radstand besitzen. Man würde dies aber ohne Zweifel auch mit den Maschinen mit 6 gekuppelten Axen thun können, wenn man den äußersten Axen noch eine etwas größere Verschieblichkeit und den beiden Axen in der Mitte etwas seitlichen Spielraum geben wollte.

## Hauptsächlichste Dimensionen der Güterzugmaschinen der Nordbahn.

| Haupt-Verhältnisse. | Kleine Maschinen mit 3 gekuppelten Axen. | Mittlere M. Grenzot 3 gekuppelte Axen | Schwere M. Engerth 4 gekuppelte Axen. | M. für starke Steigungen 4 gekuppelte Axen. | 4 cylindrige Maschinen 6 gekuppelte Axen. |
|---|---|---|---|---|---|
| Rost { Länge in Metern | 0,94 | 1,40 | 1,44 | 1,475 | 1,85 |
| Rost { Breite „ „ | 0,934 | 1,02 | 1,35 | 1,775 | 1,80 |
| Rost { Rostfläche, Quadratmeter | 0,88 | 1,43 | 1,94 | 2,62 | 3,33 |
| Höhe der Feuerkiste über dem Rost { vorn, Met. | 1,277 | 1,66 | 1,655 | 1,327 | 1,32 |
| Höhe der Feuerkiste über dem Rost { hinten, Met. | 1,13 | 1,32 | 1,30 | 1,21 | 1,16 |
| Innerer Durchmesser des Cylinderkessels, Met. | 0,95 | 1,50 | 1,50 | 1,278 | 1,45 |
| Rauchröhren { Zahl | 125 | 250 | 235 | 356 | 464 |
| Rauchröhren { Länge in Met. | 3,80 | 3,243 | 5,045 | 3,50 | 3,50 |
| Rauchröhren { innerer Durchmesser in Met. | 0,05 | 0,05 | 0,055 | 0,04 | 0,04 |
| Rauchröhren { Stärke in Met. | 0,002 | 0,002 | 0,0022 | 0,0015 | 0,0015 |
| Durchgangsquerschnitt der Rauchröhren, Quadr.-Met. | 0,2076 | 0,4152 | 0,472 | 0,3827 | 0,4968 |
| Heizfläche in Quadr.-Met. { Feuerkiste | 5,50 | 9,07 | 10,75 | 10,06 | 10,00 |
| Heizfläche in Quadr.-Met. { Röhren | 68,60 | 117,53 | 186,23 | 144,76 | 189,00 |
| Heizfläche in Quadr.-Met. { Dampftrockner | „ | „ | „ | 22,00 | 22,00 |
| Heizfläche in Quadr.-Met. { Summe | 74,10 | 126,60 | 196,98 | 176,82 | 221,00 |
| Spannung des Dampfes in Atmosphären | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| Cylinder { Durchmesser in Met. | 0,38 | 0,46 | 0,50 | 0,48 | 0,44 |
| Cylinder { Kolbenhub in Met. | 0,61 | 0,68 | 0,66 | 0,48 | 0,44 |
| Durchmesser der Triebräder in Met. | 1,258 | 1,425 | 1,258 | 1,065 | 1,065 |
| Wasservorrath in Kilogr. | 5800 | 7000 | 8300 | 5800 | 8000 |
| Kohlenvorrath in Kilogr. | 1500 | 1500 | 2000 | 2000 | 2200 |
| Gewicht in Kilogr. { Gefüllte Maschine | 22900 | 32800 | } 62800 | 45000 | 59700 |
| Gewicht in Kilogr. { Gefüllter Tender | 16100 | 17800 | | | |
| Gewicht in Kilogr. { Leere Maschine | 20900 | 28800 | } 45770 | 33500 | 44500 |
| Gewicht in Kilogr. { Leerer Tender | 8500 | 9000 | | | |
| Vertheilung des gesammten Gewichtes auf die Axen in Kil. { vorderste Axe | 8600 | 12600 | 10100 | 11000 | 9200 |
| { zweite „ | 7300 | 12600 | 9200 | 11200 | 9200 |
| { dritte „ | 7000 | 7600 | 9900 | 11200 | 9200 |
| { vierte „ | 7900 | 9100 | 11100 | 11600 | 10700 |
| { fünfte „ | 8200 | 8700 | 10900 | „ | 10700 |
| { sechste „ | „ | „ | 11600 | „ | 10700 |
| Belastung der Triebräder, Kilogr. | 22900 | 33900 | 40300 | 45000<br>41100<br>37200 | 59700<br>54600<br>49500 |
| Umfang der Triebräder, in Met. | 3,952 | 4,477 | 3,952 | 3,346 | 3,346 |
| Verhältniß der Geschwindigkeit der Räder und Kolben | 3,24 | 3,29 | 2,99 | 3,48 | 3,80 |
| Theoretische Zugkraft pro Atmosphäre eff. Druck, Kilogr. | 723 | 1043 | 1355 | 1072 | 1652 |
| Berechnete Zugkraft bei Annahme eines Coefficienten gleich 0,65 des effectiven Druckes, in Kil. | 2820 | 4070 | 6165 | 5574 | 8590 |
| Verhältniß zwischen der berechneten Zugkraft und dem die Adhäsion bewirkenden Gewichte | 0,123 | 0,118 | 0,152 | 0,124<br>0,136<br>0,150 | 0,144<br>0,157<br>0,175 |
| Zugkraft pro Quadratmet. in Kilogrammen { Rostfläche | 3204 | 2840 | 3171 | 2127 | 2580 |
| Zugkraft pro Quadratmet. in Kilogrammen { Heizfläche | 38 | 32,2 | 31,4 | 31,5 | 38,9 |
| Gewicht der Maschine pro Quadratmet. Heizfläche in Kil. | 526 | 400 | 319 | 254 | 270 |
| Zahl der auf einer Steigung von 1 : 200 aufwärts bewegten Wagen à 10 Tonnen | 20 | 30 | 40 | 35 | 45 |

(Annales des Mines. 6. sér., tome 5, 1 livr. de 1864.)

# Notiz über eine auf der Nordbahn angewendete Locomotive nach Beugniot's System.

Von

**Beugniot**, Ingenieur der Köchlin'schen Maschinenbauanstalt in Mühlhausen.

Die Locomotiven mit 4 Cylindern und zweimal dreigekuppelten Axen des Herrn J. Petiet sind nicht zur Durchlaufung stärkerer Curven als von 300 Met. Radius bestimmt, doch gestattet ihnen der den Axen in den Axbüchsen gegebene Spielraum das Durchlaufen von Curven von 150 Met. Radius. Der vorstehend beschriebene Versuch auf der Eisenbahn der Glashüttengesellschaft zu St. Gobain hat bewiesen, daß sie ohne Anstand die doppelte Curve der Station Saint Gobain von 125 Met. Radius durchlaufen haben.

Die Resultate dieses Versuches wurden Veranlassung, die eine dieser Maschinen dadurch zur Verrichtung des gewöhnlichen Dienstes auf der ganzen mit Curven von 80 Meter Radius versehenen Linie der Glashütten von Chauny und Saint Gobain geschickt zu machen, daß an ihr das von E. Beugniot angegebene und bereits mit Erfolg auf der Nord- und Mittelmeerbahn, auf der Lombardisch-Venetianischen, der Schweizer Central-, der Appeninenbahn und der Bahn von Giovi geprüfte System der Articulation angebracht wurde. Herr Couche hat die Vorzüge dieses schon durch mehrjährige Erfahrungen hinreichend approbirten Systemes in einem Berichte vom 17. Februar 1863 an Seine Excellenz den Minister der öffentlichen Arbeiten in folgenden Worten dargelegt:

„Herr Beugniot hat dargethan, daß der Parallelismus der Axen für die Durchlaufung von Curven nur ein sehr geringes Hinderniß bietet, wenn alle Axen*) eine genügende und richtig bemessene seitliche Verschieblichkeit erhalten. Bei den Versuchen, welche in Gegenwart eines Mitgliedes der Commission mit der Maschine l'Apennin mit acht gekuppelten Rädern und 4 Met. Radstand angestellt worden sind, hat dieselbe mit der größten Leichtigkeit und ohne Klemmen (grippement) der Federn die Curve von 80 Meter Radius, welche sich am Ende der die Station Chauny der Nordbahn mit der Glashütte Saint Gobain verbindenden Eisenbahn befindet, durchlaufen.

„Bekanntlich besitzt bei den Beugniot'schen Maschinen jede der vier Axen einen transversalen Spielraum von 0,05 Meter. Da sie (namentlich die Vorderaxe) nicht ganz frei unter der Maschine spielen können, wenn diese nicht ein übermäßiges Schlängeln annehmen soll, so sind die erste und zweite, und ebenso die dritte und vierte Axe durch einen Balancier verbunden, welcher um eine am Gestell befestigte Axe oscillirt und keiner Axe eine Verschiebung zur Seite gestattet, ohne daß die damit verbundene Axe sich um ebenso viel nach der entgegengesetzten Seite verschiebt. In Curven unterstützen diese beiden Verschiebungen die Einstellung der Spurkränze zwischen die Schienen, auf geraden Strecken neutralisiren sich die beiden entgegengesetzten Bestrebungen. Man hat dem Beugniot'schen System eine unnöthige Complicirtheit vorgeworfen, indem man der Meinung ist, daß man dasselbe Resultat erzielen würde, wenn die beiden äußersten Axen vollständig festgestellt und nur die beiden mittleren Axen mit dem erforderlichen Spielraume versehen würden, um den dem geringsten Radius entsprechenden Pfeil zu ergeben, in welchem Falle dann die Balanciers überflüssig wären. Diese Ansicht erscheint uns aber keineswegs begründet, vielmehr dürfte die Beweglichkeit der ersten, die Direction angebenden Axe einen sehr großen Einfluß auf den Gang und den Widerstand der Maschine, besonders beim Ein- und Auslaufen aus Curven haben. Ist aber diese Axe fest am Gestell, so muß die ganze Maschine plötzlich die Richtung verändern und der Stoß der Schiene gegen den Spurkranz des äußeren Rades muß ein sehr erheblicher werden. Kann die Leitaxe dagegen ihre centripetale Bewegung ausführen, ohne dieserhalb die ganze Masse der Maschine sogleich mitnehmen zu müssen, so nimmt Letztere nach und nach ohne Stoß und mit viel geringerem Moment die passende Richtung an. Daraus erklärt sich der außerordentlich ruhige Gang der Maschine l'Appenin beim Eintritt in Curven."

*) Es ist nur von einer Maschine mit vier gekuppelten Axen die Rede.

Man kann die Vortheile der Beugniot'schen Einrichtung nicht deutlicher darthun. Die zeither vom Erfinder angewendete Construction ließ sich indessen nicht ohne Modification an den Maschinen der Nordbahn mit 6 gekuppelten Axen anbringen. Das unter dem Kessel angebrachte Wasserreservoir, die Lage der Räder unter der Feuerkiste, die Dampf- und Wasserrohre unter dem Roste und den Axen verlangten andere und einfachere Maschinentheile, als die zeither angewendeten.

Die bei den Locomotiven der Nordbahn getroffene Einrichtung ist auf den Tafeln 23 in Fig. 2 und 6 und Taf. 24 in Fig. 2 und 3 dargestellt. Die beiden Triebaxen jeder Gruppe sind in den Axbüchsen fest gelagert, was der Maschine einen ohne Zweifel für Curven von 80 Met. Radius etwas bedeutenden festen Radstand von 3,720 Met. giebt. Der nachtheilige Einfluß dieses Radstandes ist indessen durch die Anwendung von Federn bei den Triebrädern, welche einen Spielraum von 0,023 Met. im Geleise lassen, wesentlich abgeschwächt.

Die inneren Bundringe der Axschenkel der äußersten Axen jeder Gruppe sind weggelassen und die Gabeln der Axbüchsen so eingerichtet, daß sie eine seitliche Verschiebung von 0,046 Met. zulassen. Außerdem sind diese Axen unter sich durch die blechernen Balanciers B, B mit Pfannen C, C' im Mitel verbunden und Letztere ruhen auf Kugelzapfen P, P', welche an den solid an den Langbalken des Gestelles befestigten Trägern T, T' sitzen.

Die Balanciers B, B' tragen an den Enden (Taf. 23, Fig. 2 und 6 und Taf. 24, Fig. 3) Gabeln, welche in die an jeder Axe befestigten Müffe A, A' eingreifen. Diese Müffe sind von Bronze und aufgenietet, würden aber angegossen sein, wenn die Axen neu construirt wären. Die Balanciers und die in die Müffe eingeschobenen Gabeln ersetzen also die ausfallenden Bundringe der Axen, sodaß die beiden Axen sich in geraden Strecken gegenseitig in der Lage erhalten, während in Curven die feste Stützung gegen die Axbüchse durch ein bewegliches System ersetzt wird, welches sich den Krümmungen der Bahn anpaßt und den verbundenen Axen eine dem Krümmungsradius entsprechende Verschiebung, den Spurkränzen aber eine sanfte Einstellung nach der Curve gestattet.

Die sonst cylindrischen Warzen der Kuppelzapfen der äußersten Axen jeder Gruppe sind hier kugelförmig gestaltet a, a', a'', a'''), um die Kuppelstangen bei der seitlichen Verschiebung der Axen mehr zu schonen. Ebenso sind auch die bronzenen Schalen der Kuppelstangen eingerichtet und auch bei D ist ein sphärischer Zapfen angebracht.

Wir haben wohl nicht nöthig, die Wirkungsweise dieser einfachen Verrichtung näher darzulegen, wollen aber noch bemerken, daß seine Anwendung keine besonderen neuen Betriebskosten verursacht, und daß man von dieser Articulation bezüglich der Conservirung der Radreifen von Maschinen, welche regelmäßig starke Curven zu durchlaufen haben, die besten Resultate erwarten kann.

(Annales des Mines. 6. sér. Tom. 5. 1. livr. de 1864.)

---

# Bericht über eine am 21. Januar 1864 mit einer Güterzugsmaschine mit 4 Cylindern, 6 gekuppelten Axen und Beugniot's Articulation angestellte Probefahrt.

Von

**Petiet**, Betriebsoberingenieur der Nordbahn.

Die Nordbahngesellschaft hat zehn starke Güterzugsmaschinen mit vier Cylindern und sechs gekuppelten Axen bauen lassen. Dieselben ziehen auf Steigungen von 1:200 bequem 45 Wagen mit 10 Tonnen Ladung, was einer Bruttolast von 635 Tonnen entspricht. Sie sind in regelmäßigem Dienst und haben in den Monaten November und December vorigen Jahres 59303 Kilometer, oder täglich 97 Kilom. Weg zurückgelegt, was ich hier anführen will, um zu beweisen, daß es sich nicht etwa um einen blosen Versuch an ein oder zwei Locomotiven handelt. Die fraglichen Maschinen haben ihre Leistungsfähigkeit dargethan und sich ebenso praktisch bewiesen, als andere.

Sie unterscheiden sich aber in mehreren Dingen von den üblichen Maschinen, indem sie einen rückgehenden Zug zur Trocknung des Dampfes und einen horizontalliegenden Schornstein besitzen. Ihre Heizfläche ist bei ziemlich kurzen (nur 3,5 Met. langen) Rauchröhren trotzdem bedeutend (221 Quadratmeter) und ihre große Rostfläche (3,33 Qu.-Meter) gestattet die Feuerung mit klarer Kohle. Sie werden von niedrigen Rädern (1,06 Met.) getragen, damit das

Gewicht niedriger ausfällt, und ihr äußerster Radstand (6 Met.) übertrifft bedeutend die zeither üblichen Maaße. Trotzdem durchlaufen sie, vermöge des 4 Aren gegebenen ansehnlichen Spielraumes (0,03 Met.) leicht Curven von kleinem Radius, wie dies der auf S. 409 referirte Versuch bewiesen hat.

Das Gewicht einer Maschine mit 8000 Kil. Wasser- und 2200 Kil. Kohlenvorrath beträgt nur 59700 Kil. und die stärkste Belastung einer Are nur 10700 Kil., was noch lange nicht die zulässigen Grenzen erreicht. Um die in mehrer Beziehung günstigen Verhältnisse dieser Maschinen in's gehörige Licht zu stellen, wollen wir sie mit denjenigen der großen Engerth'schen Güterzugmaschinen vergleichen, von denen auf dem großen Eisenbahnnetz des Nordens 40 Stück in sehr befriedigender Weise den Dienst verrichten.

(Vergleiche nachstehende Tabelle.)

| | Engerth'sche Maschine. | Maschinen mit 4 Cylindern. |
|---|---|---|
| Totale Heizfläche in Quadratmetern | 197,00 | 221,00 |
| Roststläche „ „ | 1,94 | 3,33 |
| Gewicht der leeren Maschine, Kil. | 44770 | 44500 |
| Gewicht des Vorrathes in Kilogrammen { Wasser / Kohlen | 8300 / 2000 } 10300 | 8000 / 2200 } 10200 |
| Gesammtgewicht der gefüllten Maschine, Kil. | 62800 | 59700 |
| Bruttolast, welche bei einer Steigung von 1 : 200 gezogen wird | 40 Wag., 564 Tonn. | 45 Wag., 635 Tonn. |
| Totallast, incl. Maschine, in Tonnen | 627 „ | 695 „ |
| Berechnete Zugkraft nach 10 Kil. pro Tonne | 6270 Kil. | 6950 Kil. |
| Adhäsionsgewicht, Kilogr. | 40300 „ | { 59700 „ / 54600 „ / 49500 „ |
| Verhältniß zwischen Zugkraft und Adhäsionsgewicht | 0,156 | { 0,116 / 0,127 / 0,140 |

Diese Maschinen besitzen eine größere Leistungsfähigkeit als die Engerth'schen, weil sie einen größeren Rost und eine größere Heizfläche haben, sie besitzen auch ein größeres Adhäsionsgewicht, selbst wenn die Vorräthe fast erschöpft sind, und wiegen doch weniger. Ihr Nutzeffect ist daher größer. Sie durchlaufen trotz des großen Abstandes ihrer äußersten Aren mit Leichtigkeit starke Curven und lassen erwarten, daß sie für sehr starke Steigungen verwendbar sein werden.

Seit der befriedigenden Probefahrt vom 2. Oktober vorigen Jahres wurde es im Interesse des Fortschrittes zu einer interessanten Frage, ob diese Maschinen nicht Curven von 80 Met. Radius, wie sie in den Glashüttenanlagen von Chauny und Saint Gobain existiren, durchlaufen könnten. Es wurde deshalb auf meinen Vorschlag von den Directoren der Nordbahngesellschaft angeordnet, daß eine dieser Maschinen mit der Beugniot'schen Vorrichtung versehen werden solle, und die Maschinenfabrik von André Koechlin u. Comp. zu Mühlhausen brachte folgende Abänderungen an. Die Spurkränze der beiden feststehenden Triebaren (die zweite und fünfte) wurden schmäler gemacht; der Spielraum der vier übrigen Aren wurde von 30 auf 46 Millimeter verstärkt; sie wurden paarweise durch einen horizontalen Balancier verbunden, welcher die eine Are sich nach rechts zu verschieben zwingt, wenn die andere nach links ausweicht, und umgekehrt. Dank diesen Vorrichtungen stellen sich die Spurkränze der 6 Paar Räder in den Curven nach den Schienen ein.

Der Versuchszug des 21. Januar bestand aus 21 Fahrzeugen, nämlich

| | |
|---|---|
| 3 Bremswagen mit gußeisernem Boden, Gewicht | 36000 Kil. |
| 4 Wagen mit Brems mit Gegengewicht, jeder mit 10 Tonnen Kohle beladen | 59260 „ |
| 10 Wagen, beladen mit 10 Tonn. Kohle | 139930 „ |
| 4 Personenwagen erster Classe mit Heizvorrichtung | 24690 „ |
| Ungefähr 100 Passagiere | 7120 „ |
| zusammen | 267000 Kil. |

Bei dem früheren Versuche betrug das Totalgewicht des Zuges blos 250 Tonnen.

Um die Geschwindigkeit der Fahrt auf der Rampe von 0,018 zu constatiren, wurde die Zeit des Vorbeifahrens bei jedem Hektometerzeichen durch einen im letzten Wagen, also circa 100 Meter hinter der Locomotive sitzenden Beobachter

notirt. Diese Data und die daraus berechneten Geschwindigkeiten sind in nachstehender Tabelle verzeichnet.

Die starke Abnahme der Geschwindigkeit, welche vom Zeichen 11,9 bis 12,7 Kilom. stattgefunden hat, kann nicht einer zu niedrigen Dampfspannung zugeschrieben werden, da Dampf durch die Ventile ausblies, wohl aber der zu geringen Reibung, da die Räder der Maschine auf diesem Theile des Weges sehr rutschten. Vielleicht waren die Kuppelungen der Personenwagen zu stark angezogen.

| Nummer der Kilometer- u. Hektometerzeichen | | Zeit des Vorüberfahrens | | | Zeit, in welcher ein Hektomet. Weg zurückgelegt wird. | Entsprechende Geschwindigkeit in Kilomet. pro Stunde. | Summen und Mittelwerthe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stund. | Min. | Sec. | Sec. | | |
| 10 | 7 | 12 | 50 | 47 | | | |
| | 8 | | 51 | 2 | 15 | 24 | |
| | 9 | | 51 | 18 | 16 | 22 | |
| 11 | 0 | | 51 | 35 | 17 | 21 | |
| | 1 | | 51 | 55 | 20 | 18 | |
| | 2 | | 52 | 16 | 21 | 17 | |
| | 3 | | 52 | 35 | 19 | 19 | 1200 Met. in 120 Sec. = 20,0 Kilom. pro Stunde. |
| | 4 | | 52 | 54 | 19 | 19 | |
| | 5 | | 53 | 14 | 20 | 18 | |
| | 6 | | 53 | 31 | 17 | 21 | |
| | 7 | | 53 | 48 | 17 | 21 | |
| | 8 | | 54 | 4 | 16 | 22 | |
| | 9 | | 54 | 25 | 21 | 17 | |
| 12 | 0 | | 55 | 4 | 39 | 9 | |
| | 1 | | 56 | 15 | 71 | 5 | |
| | 2 | | 56 | 58 | 43 | 8 | |
| | 3 | | 57 | 33 | 35 | 10 | 800 Met. in 347 Sec. = 8,3 Kilom. |
| | 4 | | 58 | „ | 27 | 13 | |
| | 5 | | 58 | 35 | 35 | 10 | |
| | 6 | | 59 | 33 | 58 | 6 | |
| | 7 | 1 | — | 12 | 39 | 9 | |
| | 8 | | | 35 | 23 | 16 | |
| | 9 | | | 53 | 18 | 20 | 500 Met. in 91 Sec. = 20,0 Kilom. |
| 13 | 0 | | 1 | 8 | 15 | 24 | |
| | 1 | | 1 | 25 | 17 | 21 | |
| | 2 | | 1 | 43 | 18 | 20 | |
| | 3 | | 2 | 5 | 22 | 16 | |
| | 4 | | 2 | 28 | 23 | 16 | |
| | 5 | | 2 | 52 | 24 | 15 | |
| | 6 | | 3 | 12 | 20 | 18 | |
| | 7 | | 3 | 33 | 21 | 17 | |
| | 8 | | 3 | 52 | 19 | 19 | 1100 Met. in 231 Sec. = 17,0 Kilom. |
| | 9 | | 4 | 11 | 19 | 19 | |
| 14 | 0 | | 4 | 31 | 20 | 18 | |
| | 1 | | 4 | 52 | 21 | 17 | |
| | 2 | | 5 | 12 | 20 | 18 | |
| | 3 | | 5 | 32 | 21 | 18 | |
| | | | | | | zusammen | 3600 Met. in 887 Sec. = 14,6 Kilom. pro Stunde. |

Die mittlere Geschwindigkeit beträgt hiernach noch nicht ganz 15 Kilometer pro Stunde, schließt man aber die Periode aus, wo die Maschine nicht genug Adhäsion gehabt hat, so sieht man, daß sie mit 17 bis 20 Kilom. Geschwindigkeit gelaufen ist, was für Güterzugsmaschinen die normale Geschwindigkeit beim Ersteigen starker Rampen ist.

Ich wiederhole übrigens, daß dieser Versuch nicht den Zweck hatte, die Adhäsion der Locomotive zu constatiren; diese hängt bekanntlich von dem auf den Rädern ruhenden Gewichte und dem Zustande der Schienen ab.

Nachdem die Maschine Nr. 605 den Zug in die Station Saint Gobain eingefahren hatte, stellte sie sich an das Ende eines kleinen Güterzuges und schob ihn in die Glashütte von Saint Gobain, wobei eine Curve von 80 Met.

Radius in einer Steigung von 1:40 zu durchlaufen ist, und durchlief den Halbkreis. Hierauf wurden die Bremsen der Wagen angezogen und die Locomotive glitt auf allen 6 Axen; sie machte dann noch mehrere Vor- und Rückwärtsmanoeuvres, ohne daß ein Zeichen zu großer Anstrengung zu bemerken gewesen wäre.

Leider war es nicht möglich mit hinreichender Genauigkeit die Stellung jedes Spurkranzes zu den Schienen zu ermitteln; beim Gange stützte sich jedoch der Spurkranz des vordersten Rades gegen die äußere Schiene und derjenige des hintersten Rades naherte sich sehr der innersten Schiene der Curve. Durch Spannung eines Fadens zwischen die äußeren Seitenflächen der Bandagen der ersten und sechsten Axe wurde constatirt, daß die Axen Nr. 2 und 5 um 0,019, die beiden Mittelaxen 3 und 4 aber um 0,040 Meter herausgetreten waren; die Spurkränze der Räder bildeten also eine Curve, deren Pfeil auf 6 Meter Sehnenlänge 0,04 Meter betrug, während derselbe bei einer Curve von 80 Meter Radius 0,056 Meter betragen würde. Die Axen stellten sich also unter Einwirkung des Beugniot'schen Balanciers in eine Curve ein, deren Radius etwas größer als derjenige der Schienen war.

Die so abgeänderte Maschine hat 8 Tage lang den ganzen Dienst auf der Linie Chauny-Saint Gobain verrichtet und die Curve von 80 Meter Radius ohne größere Schwierigkeiten, als die Maschine für starke Steigungen mit vier gekuppelten Axen, welche eigentlich diesen Dienst besorgen, durchlaufen. Dies ist ein sehr wichtiges Ergebniß, denn es zeigt, daß die stärksten Maschinen auf diese Weise regelmäßig arbeiten können, ohne daß man zu dem complicirten Hilfsmittel eines beweglichen Vorgestelles zu greifen genöthigt ist.

(Annales des Mines, 6 sér. Tome 5. 1 livr. de 1864.)

---

# Bericht an das Ministerium der öffentlichen Arbeiten über die Maschine der Nordbahn mit vier Cylindern, zwölf gekuppelten Rädern und der Beugniot'schen Vorrichtung.

Von

**Couche**, Oberingenieur und Professor an der École des Mines.

Herr Minister!

Mittelst Schreiben vom 14. Oktober 1863 hat Herr Petiet, Betriebsoberingenieur der Nordbahn, Ew. Excellenz die Resultate eines am 2. desselben Monats mit einer neuerdings für die genannte Bahn gebauten Locomotive mit 4 Cylindern und 12 gekuppelten Rädern angestellten Versuches berichtet, wonach dieselbe ohne Schwierigkeit die Curven von 125 Met. Radius auf der Linie Saint Gobain durchlaufen hat. Herr Petiet ist daher der Ansicht, „daß dieses System mit der vollständigen Ausnutzung des Gewichtes der Maschine zur Erzeugung von Adhäsion bei an sich mäßiger Belastung der Axen die Eigenschaft verbinde, Curven von kleinem Radius mit Leichtigkeit zu durchlaufen," daß es also mit andern Worten die Lösung des so lange schon obschwebenden Problemes enthalte.

Ew. Excellenz hat unter dem 22. Oktober mir den Bericht des Herrn Petiet sammt begleitenden Unterlagen mit dem Auftrage übersendet, „ihn zu prüfen und mich gutachtlich über diese neue Art von Locomotiven auszusprechen".

Seitdem hat die Nordbahngesellschaft den interessanten Versuch noch weiter, so zu sagen auf's äußerste, getrieben, indem sie eine solche Maschine zum Durchlaufen von Curven von 80 Meter Radius einrichten ließ, ein Versuch, zu welchem ebenfalls die Linie Saint Gobain Gelegenheit bot. Man mußte zunächst die Einstellung der Spurkränze nach den Schienen zu ermöglichen trachten; eine entsprechende Vergrößerung des seitlichen Spielraumes der vier Axen (welche nur quer gegen die Maschine verschiebbar sind), verbunden mit der Verschmälerung der Spurkränze der beiden Paare von mittleren und feststehenden Rädern gestattete die Erreichung dieser ersten Bedingung. Die Möglichkeit der Einstellung der Räder nach der Curve in der Ruhe ohne Spannung der Radreifen und Schienen reicht jedoch nicht zur Sicherung des Ganges hin; es fragte sich, wie sich die Maschine beim Gange, nicht blos in Curven, sondern auch auf geraden Strecken bei einer beträchtlichen Geschwindigkeit mit Rücksicht auf die niedrigen Räder verhalten würde, und hierüber konnte nur ein Versuch Aufschluß geben.

Herr Petiet entschied sich überdies für die Anwendung der von Herrn Beugniot bereits an den Maschinen la Rampe und la Courbe angebrachten und seitdem sehr vereinfachten Vorrichtung. An Stelle der dem amerikanischen Maschinenbauer Baldwin entlehnten und zwischen das allgemeine Gestell und die Aufhängungsfedern eingestellten Rahmen hat Herr Beugniot blose Balanciers substituirt, welche die äußeren Axen jeder Gruppe verbinden und im Uebrigen dieselbe Function wie jene Rahmen verrichten. In Curven richtet die vordere, durch die Schiene geleitete Axe mittelst des Balanciers die mit ihr verbundene Axe, indem sie dieselbe quer zum Geleise entsprechend verschiebt; in geraden Strecken halten sich die beiden Axen gegenseitig innerhalb gewisser Grenzen, indem keine oscilliren kann, ohne daß die andere sich sogleich um ebenso viel in entgegengesetztem Sinne verschiebe. Ihr Bestreben, von der hier unnütz gewordenen Verschieblichkeit Gebrauch zu machen, muß sich gegenseitig aufheben, weil es nur ausnahmsweise harmoniren wird.

Mittelst Schreibens vom 23. November vergangenen Jahres habe ich Ew. Excellenz über die neuen Ergebnisse Bericht erstattet; ich fügte bei, daß ich den Wünschen Ew. Excellenz entgegen zu kommen hoffe, wenn ich den von der Nordbahngesellschaft neuerdings angeordneten Versuchen beiwohnte, um dann meine gemachten Wahrnehmungen Ew. Excellenz vorlegen zu können. Diese Versuche haben vor zahlreichen Zeugen stattgefunden und sind der Oeffentlichkeit übergeben worden;*) ich brauche also hier nicht darauf zurückzukommen.

Das Hauptergebniß ist folgendes: eine Maschine mit mehr als 200 Quadr.-Meter Heizfläche (abgesehen von dem Rechauffeur), mit parallelen Axen und 6 Meter Radstand, mit 12 Rädern mit Spurkränzen hat mit Leichtigkeit eine Curve von 80 Meter Radius durchlaufen. Sie hat in derselben den Zug angeholt, geschoben und ist stillstehend auf allen Rädern geglitten, was die freie Beweglichkeit der Räder darthut. Nach diesem Kraftstückchen ist sie nach Chauny zurückgelaufen und hat durchaus einen sanften Gang und große Stabilität gezeigt, ob sie sich gleich mit der für so niedrige (1,06 Meter hohe) Räder schon ansehnlichen Geschwindigkeit von 30 Kilometern bewegte.

Dies ist in der That eine bemerkenswerthe Thatsache; sie bestätigt, und zwar in noch höherem Grade, die von mir in einem früheren Berichte über die Unwichtigkeit der Convergenz der Axen bezüglich der Durchlaufung von Curven ausgesprochene Ansicht; die Geschwindigkeit ist allerdings gering, aber wer wird Curven von 80 Meter Radius mit großen Geschwindigkeiten durchlaufen wollen?

Was die Frage wegen der Abnutzung des Materiales anlangt, so kann dieselbe nicht durch Versuche, sondern nur durch längere Praxis beantwortet werden. Natürlich werden sich Schienen und Bandagen, Felgen und Spurkränze in Curven stärker abnutzen, als in geraden Strecken, wäre dies auch nur die Folge der unzureichenden Conicität (die man übrigens unter Beibehaltung derselben Neigung der Schienen bei solchen speciellen Maschinen auch stärker annehmen könnte, wie man es z. B. in Deutschland am Sömmering gethan hat). In den Curven findet ja einmal ein vermehrter Widerstand statt, den man zwar vermindern, aber nicht beseitigen kann. Die Verschieblichkeit der Vorderaxe quer gegen das Gestell scheint mir übrigens, wie ich bereits bei einer andern Gelegenheit dargethan habe, eines der wirksamsten Mittel zur Verminderung des Zuwachses an Widerstand, welchen die Curven verursachen.

Da übrigens die Aufgabe darin bestand, eine starke Maschine zum Durchlaufen von starken Curven einzurichten, so ist genügend bewiesen, daß dieses Durchlaufen möglich, ja nicht einmal schwierig ist.

### Vergleichung mit anderen in Vorschlag gekommenen Hilfsmitteln.

Es ist hier nicht der Platz, die zahlreichen, von verschiedenen Seiten mit mehr oder weniger gründlicher Beobachtung aller einschlagenden Verhältnisse versuchten Lösungen des großen Problemes einer Locomotive für starke Steigungen und Curven zu erörtern, ich kann aber nicht unterlassen, hierüber einige Worte zu sagen, wobei ich mich auf die Prinzipien beschränken werde.

Man kennt mehrere Systeme, welches sind die aussichtsvollsten?, sind nicht welche darunter, welche nicht nur nicht als Fortschritt, sondern sogar als Rückschritte im Wege der Locomotivpraxis zu bezeichnen sind?, kurz welches sind die einer Ermunterung und Weiterverfolgung würdigen Systeme? Man kann diese Fragen nicht umgehen, wenn man eins von diesen Systemen erörtert.

Bei solchen Dingen ist die erste Bedingung einer annehmbaren Lösung die Einfachheit, wenn sie selbst auf Kosten einiger Uebelstände, z. B. der passiven Widerstände, erkauft sein sollten, welche Letzteren übrigens allen complicirten Mechanismen mit mehrfachen Transmissionen erst recht anhaften.

Diesen Charakter der Einfachheit kann man sicherlich der Maschine der Nordbahn nicht absprechen. Sprechen wir zunächst von einem der wesentlichsten Züge dieser Einrichtung, auf welche später zurückzukommen sein wird, nicht, so muß man zugeben, daß die Vorkehrungen zur Erleichterung der Bewegung in Curven nicht einfacher sein könnten. Sie reduciren sich in der That nur auf den seitlichen Spielraum von vier Axen (den beiden äußersten und den beiden mittelsten), auf die verticalen Gelenke, welche den Kuppelstangen eine Brechung gestatten, um sich an die Curven anzupassen,

*) Vergl. S. 409 u. flgde. D. Red.

auf die sphärische Gestalt der äußersten Kuppelzapfen und auf zwei Balanciers, welche paarweise die äußeren Axen jeder Gruppe verbinden. Weniger kann man sicher nicht thun und, wenn dies genügt, so braucht man nicht mehr zu thun.

1. Systeme, welche auf dem doppelten Umladen beruhen. — Wenn man, wie es oft vorgeschlagen worden ist, die Fahrzeuge selbst zu treibenden und Adhäsion erzeugenden Maschinen umwandeln und also für sehr schwierige Bahnstrecken besondere Fahrzeuge anschaffen will, so opfert man eine der wichtigsten Bedingungen der Eisenbahnen: die Continuität des Transportes. Die Anwendung besonderer Maschinen ist oft nicht zu umgehen und hat übrigens weiter keine Nachtheile; es geschieht dies schon längst; aber dem Vortheile, daß die Waggons überall hingehen, darf man erst bei der äußersten Nothwendigkeit, und auf wichtigeren Bahnlinien niemals entsagen.*)

2. System mit horizontalen, gegen eine Schiene in der Mitte gepreßten Triebrädern. — Ebensowenig scheint mir von dem vor mehr als 20 Jahren von Baron v. Seguier zur Vermeidung des Ausgleisens der vorderen Spitze des Zuges vorgeschlagenen und neuerdings behufs der Verbesserung des Girard'schen Eisenbahnsystemes mit Schlittenkufen wieder hervorgesuchten Systeme zu erwarten zu sein, obgleich es jetzt unter anderem Namen Gegenstand eines großartigen, von Brassey angestellten Versuches bei Manchester ist. Was Letzterer auf einer kurzen Rampe von der Steigung 1:20 erreicht haben soll**), das haben die Amerikaner mit gewöhnlichen Maschinen auf Steigungen von 5,2 bis 5,6 Procent in den Blauen Bergen schon längst gethan, ja sie haben Locomotiven sogar auf einer Rampe von 10 Procent Steigung angewandt und zwar nicht etwa unter ausnahmsweise günstigen Bedingungen der Adhäsion $\left(\frac{1}{4{,}1}\right)$; aber die amerikanischen Ingenieurs sahen hierin nur einen momentanen Behelf bei einer provisorischen Traeirung*), keineswegs eine definitive, praktische Lösung der Schwierigkeiten.

Bei so starken und selbst bei weniger starken Steigungen gelangt man sowohl bei Benutzung der Adhäsion, als auch bei Anwendung einer Art Schlepperei, wie die Seguier'sche und Brassey'sche, unausbleiblich zu der Folgerung, daß das Verhältniß zwischen dem Gewicht des Motors und demjenigen der aufgezogenen Last ganz unzuläßig niedrig ausfällt. Was nun den Versuch zu Manchester anlangt, so möchte vor Allem Folgendes festgestellt werden. Wenn die, wie man sagt, zu leicht gebaute Maschine nicht Adhäsion genug erzeugt, um die gehörige Zugkraft bei der Geschwindigkeit von 10 Kilometern auszuüben, so belaste man eine gewöhnliche Maschine derselben Construction so lange, bis sie unter Benutzung der Sandbüchsen genügende Adhäsion erzeugt, und sie wird, meiner Ueberzeugung nach, eine ebenso große, ja selbst eine größere Nutzlast aufzuziehen im Stande sein, als die Maschine mit dem Frictionsapparat, welcher offenbar ihr Gewicht und ihren Widerstand vergrößert. Darf man denn übrigens den durch die Schiene im Mittel des Geleises herbeigeführten Zuwachs an Kosten beim Bau und bei der Unterhaltung für Nichts ansehen?

Was die Einfachheit und so zu sagen Schönheit der Locomotive ausmacht, das ist die Uebertragung der Zugkraft durch die Adhäsion; gesetzt man hätte bis jetzt dieses einfache Mittel noch nicht gekannt, man habe vielmehr allgemein die jetzt in Vorschlag gebrachten horizontalen Frictionsräder angewendet, und es käme nun ein Erfinder, welcher nachwiese, daß diese Räder sammt Transmission und Centralschiene unnütz seien, daß die Adhäsion der tragenden Räder dazu genüge, sobald die Geschwindigkeit selbst ausreichend sei, welchen Fortschritt würden wir darin finden, welche gerechte Bewunderung für diese nützliche Entdeckung hegen!

Man wird zwar sagen, daß die Adhäsion für sehr steile Steigungen, welche mit geringerer Geschwindigkeit befahren werden müssen, nicht mehr ausreichen werde; wenn man sich aber auch auf einer Industriebahn, auf einer Zweigbahn zweiten Ranges, mit einer Geschwindigkeit von 10 Kilometern und weniger begnügen kann, so gestatten Motiven,

---

*) Ich kann mich nicht mit dem Gutachten der Commission einverstanden erklären, welche bei der Feststellung der Linien des vierten Eisenbahnnetzes das nochmalige Umladen als Ausgangspunkt genommen hat. Mir erscheint dieses doppelte Umladen mit allen seinen zu leicht genommenen Consequenzen, namentlich bei den voluminösen und billigen Waaren, welche auf diesen Linien zu transportiren sein werden, zu allzu ungünstigen ökonomischen Verhältnissen führen zu müssen und überdies ganz überflüssig zu sein. Man beabsichtigt leichte, billige Bahnen, was ganz richtig ist; wenn man aber andrerseits wünscht, daß der Transport nicht mit Pferden, sondern mit Locomotiven bewirkt werde, so ist dies ein Widerspruch, denn bei den zu gebenden Steigungsverhältnissen bedarf man Maschinen von starker Zugkraft und somit von großer Schwere, welche aber dann solid gebaute und zum Tragen von so schweren und kräftigen Maschinen geeignete Bahnen verlangen, und auf solchen Bahnen können auch die Fahrzeuge der Hauptlinien laufen.

**) Nach dem Berichte des Hrn. Seguier erstieg „eine leichtgebaute, 15 Tonnen wiegende Maschine mittelst dieser Vorrichtung die Rampe von 0,05 Steigung mit einem Zuge von 30 Tonnen Gewicht." Dasselbe würde eine gewöhnliche Maschine von gleichem Gewicht bei dem Adhäsionscoefficienten $^1/_6$ auch thun und man könnte noch mehr damit erreichen, wenn man sie nicht „möglichst leicht" bauen, sondern im Gegentheil angemessen belasten würde, wobei dann alle besonderen Einrichtungen an der Maschine und dem Geleise wegfielen. Uebrigens ist die fragliche Maschine im Vergleich zu ihrer Heizfläche gar nicht so leicht gebaut, als man behauptet, obgleich darauf alle mögliche Rücksicht genommen ist; wie soll man auch bei einer solchen Masse neu hinzukommender Maschinentheile eine leichte Maschine erhalten können?

*) Vergl. d. Bl. Jahrg. 1858, S. 12.

welche zu bekannt sind, um sie hier nochmals anzuführen, durchaus nicht, daß man auf den zu einer Hauptbahn gehörigen Strecken von diesem Umsetzen der Geschwindigkeit in Zugkraft so stark Gebrauch mache, und es ist jedenfalls vortheilhafter, bei gleicher Stärke das Gewicht der Maschine etwas zu erhöhen, als solche complicirte Einrichtungen zu treffen. Und wenn in der That der Betrieb mit Locomotiven auf Steigungen von mehr als 0,045 bis 0,05 unzulässig sein sollte, wie ich glauben will, so wird man durch Anwendung solcher Mittel die Grenzen nicht viel weiter ausdehnen können. Der Benutzung der Adhäsion entsagen, heißt die Locomotive aufgeben. Die zweite beibehalten und die erste aufgeben wollen, heißt sich freiwillig der Vortheile des Systemes begeben und nur die Nachtheile desselben behalten. Ich wiederhole nochmals, daß die Bedingung der Adhäsion von der Geschwindigkeit unzertrennlich ist. Eine Locomotive, welche auf horizontaler Bahn genug Adhäsion besitzt, wird auch (abgesehen von der zu vernachlässigenden normalen Componente des Gewichtes) bei gleicher Geschwindigkeit genug Adhäsion für Steigungen besitzen, weil die Zugkraft dieselbe bleibt. Nur in einem Falle wird sie nicht gleich gut genügen, nämlich wenn der Reibungs- oder Adhäsions-Coefficient in gebirgigem Terrain wegen der dort meist ungünstigeren Witterungsverhältnisse durchgängig einen niedrigeren Werth hätte. Bei gleichem Coefficienten wird sich auf Steigungen unzureichende Adhäsion nur dann zeigen, wenn man zur Vermehrung der Zugkraft eine geringere Geschwindigkeit als auf den Horizontalen annimmt, oder wenn auf Letzteren die Last gewöhnlich nicht vollständig vorhanden ist; wenn aber die Steigung sehr stark ist, so tritt noch vor dem Mangel an Adhäsion ein anderer Uebelstand hervor, besonders wenn die Geschwindigkeit nicht bis auf eine dem Hauptverkehr nicht zuzumuthende niedrige Grenze hinabsinkt, und dies ist das allzu niedrige Gewicht, welches blos aufwärts geschafft werden kann.

Herr Seguier giebt in einer zweiten, im Compte rendu der Akademie der Wissenschaften abgedruckten Note (Nr. 9, 29. Febr. 1864) den Adhäsionscoefficienten zu $^1/_{20}$ an, d. i. so groß wie den Reibungscoefficienten gut geschmierter und gut eingelaufener Zapfen, und sagt noch erpreß: daß dies der „trocknem Wetter, wenn die Schienen nicht durch Feuchtigkeit schlüpfrig gemacht würden," entsprechende Coefficient sei. „Ein Zug," fügt er bei, „bewegt sich nur deshalb vorwärts, weil die Triebräder der Locomotive auf den Schienen eine Reibung erfahren, welche nach Versuchen unter den gewöhnlichen Umständen ungefähr ein Zwanzigstel des auf diesen Rädern ruhenden Gewichtes beträgt. Eine Locomotive von 20 Tonnen Gewicht übt also bei trocknem Wetter vermöge der erzeugten Reibung seiner Triebräder auf horizontaler Bahn eine Zugkraft von 1 Tonne aus...."

Wenn dieser Autor allerdings solche Unterlagen annimmt, so ist es natürlich, daß er von der Adhäsion als Zugkraft erzeugendem Mittel nichts mehr hören will, aber wie verhält sich diese angeblich „durch Versuche" gefundene Ziffer zu den anderweit bekannt gewordenen Versuchen der Ingenieure, zu den praktischen Resultaten des Betriebes, welche dieser Behauptung unaufhörlich widersprechen?

„Eine Locomotive von 60 Tonnen und mehr Gewicht, um Gebirge zu übersteigen!" ruft ebendaselbst der Herr Baron Seguier aus, indem er auf die in vorliegendem Berichte besprochene Maschine Bezug nimmt; nun gut, wenn sie 60 Tonnen wiegt, so ist dies nicht deshalb so, weil die Adhäsion blos $^1/_{20}$ beträgt, nein einfach deshalb, weil diese Maschine ungewöhnlich kräftig ist, weil sie über 200 Qu.-Meter Heizfläche besitzt. An sich ist es im Gegentheil eine der leichtesten Locomotiven, denn sie wiegt sammt vollständiger Ausrüstung nur 270 Kil. pro Quadratmeter Heizfläche, also halb so viel als viele vor wenigen Jahren für die Nordbahn angeschaffte und noch auf ihr Dienste thuende Güterzugmaschinen.

Man strebt also nicht nur nicht danach, die Maschinen schwer zu machen, um ihre Adhäsion zu vergrößern, sondern man wendet sogar alle Kunstgriffe an, um ihr Gewicht zu reduciren, und zwar deshalb, weil es sich um Maschinen handelt, welche zu ihrer eigenen Fortbewegung einen Theil ihrer mechanischen Arbeit aufwenden müssen, und weil dieser Theil rasch mit der Neigung der von ihnen erstiegenen Rampen wächst. Die von Herrn Petiet erzielte Verminderung des Gewichtes ist für diese Maschine eine der auszeichnendsten Eigenschaften und nur in dem Falle, wo die beiden Elemente: Geschwindigkeit und Adhäsionscoefficient (oder auch nur eines davon) niedrigere Werthe als auf der Nordbahn haben sollten, könnte die specifische Leichtigkeit dieser Locomotiven getadelt werden.

Trotz der erzielten Ersparniß an Gewicht besitzen diese kräftigen Maschinen doch für die normalen Verhältnisse des Dienstes, für die sie bestimmt sind, d. h. für 20 bis 25 Kilom. Geschwindigkeit bei durchschnittlich günstiger Witterung, genügende Adhäsion, was jedoch bei geringerer Geschwindigkeit, wie sie bei sehr starken Steigungen angewendet wird, und bei der den Gebirgsgegenden eigenthümlichen feuchten Witterung anders sein könnte, sodaß für solche Fälle das Gewicht der Maschinen wohl größer angenommen werden müßte.

Es ist an sich klar, daß die Elemente einer Maschine immer mit Rücksicht auf die speciellen Verhältnisse und Bedürfnisse des zu verrichtenden Dienstes bestimmt werden müssen; hiernach ändert sich natürlich das Verhältniß zwischen dem Brutto- und Nettogewicht je nach den Umständen, aber die wesentlichsten Vortheile des Betriebes werden dadurch nicht umgestoßen.

Weg, auf welchem der wahre Fortschritt zu suchen ist. — Verbesserung der Locomotiven ohne Aufgabe ihrer Grundprinzipien und namentlich der Adhäsion, Erhöhung ihrer Zugkraft und Biegsamkeit durch Verwendung ihres Gesammtgewichtes zur Erzeugung von Adhäsion und durch Vertheilung desselben auf mehrere Räder, um den Druck auf die Schienen zu vermindern, Theilung des treibenden Mechanismus und der Räder in zwei unabhängige Gruppen, Innehaltung derjenigen Grenzen bei der Bestimmung der Steigungen, über welche hinaus der Locomotivbetrieb allzu ungünstig wird, und, wenn es absolut nothwendig ist, über diese Grenzen hinauszugehen, Aufgabe des Locomotivprinzipes und Aufsuchung anderer, am besten nicht auf die Adhäsion basirter Methoden — das ist, Herr Minister, meiner Ansicht nach der Weg, auf welchem der Fortschritt zu suchen ist, während ich von bastardartigen Lösungen, welche der Locomotive einen von den Vorrichtungen zum Betrieb mit stehenden Maschinen nicht sehr abweichenden Mechanismus anhängen wollen, nicht viel erwarten kann.

Für die extremen Fälle, wo die Locomotive nicht mehr ausreicht und die stehende Maschine ein nicht zu umgehendes Auskunftsmittel wird, scheint sich bereits eine neue Lösung vorzubereiten, ich meine die Agudio'sche Seilebene, über welche Ew. Excellenz meinen Bericht verlangt hat. Sei die Zukunft dieses Systemes wie sie wolle, es ist unbestreitbar ein sehr ingeniöses, indem es den Betrieb mit stehenden Maschinen von den gröbsten Mängeln, welche zeither seiner Anwendung auf großen Linien entgegenstanden, befreit. Vielleicht haften ihm dafür wieder andere Mängel an, aber, wenn es auch jetzt noch nicht eine vollkommen praktische Lösung bieten sollte, so läßt sein Prinzip doch eine solche hoffen.

Amerikanisches System. — Unter den Vorrichtungen, welche an den Locomotiven angebracht worden sind, um sie für Bahnen in schwierigem Terrain geeignet zu machen, darf man eine der ältesten Einrichtungen nicht übersehen, welche jenseit des Oceans, in Deutschland, in Belgien und England mit Vortheil angewandt worden ist, nämlich das amerikanische System; aber dieses nur auf die Durchlaufung von Curven berechnete System hat Nichts für die Ersteigung von steilen Rampen gethan, schließt sogar die complete Kuppelung aus, folglich dürfte das Prinzip der neuen Maschine der Nordbahn es im Allgemeinen zu verdrängen Aussicht haben.

Maschine Steyersdorf. — Verschiedene mehr geistreiche als praktische Versuche, z. B. derjenige, aus welchem die für eine Linie mit 0,02 Steigung und Curven von 140 Meter Radius bestimmte Maschine Steyersdorf hervorgegangen ist, scheinen jetzt neben der neuen Maschine ohne Interesse; die Vorzüge der Letzteren sind nicht zu bezweifeln, selbst nicht für Personen, welche an den Erfolg dieser Bestrebungen glauben können. Die Steyersdorf, welche auf der Londoner Ausstellung vom J. 1862 figurirte, hat nur einige Probefahrten gemacht, ich habe sie vor einigen Monaten in den Werkstätten in Wien wiedergesehen, welche sie wahrscheinlich nicht wieder verlassen wird.

Neue Maschine von Arnour ohne Leiträder. — Gerechtermaaßen muß bei dieser flüchtigen Rundschau auch der neuerdings von Herrn Arnour an seinem articulirten Systeme angebrachten Verbesserungen gedacht werden. Die Leiträder bedürfen für Gleiskreuzungen eine besondere Construction und sie können daher auf gewöhnlichen Bahnen nicht circuliren. Hr. Arnour hat es aber dahin gebracht, dieselben gar nicht mehr zu gebrauchen, indem die Vorderaxe durch eine auf die Beziehung zwischen den angulären Verschiebungen der Axen gegen die Pfeile und die Verschiebungen der Pfeile gegen die Deichseln gegründete einfache Vorrichtung geleitet wird. Durch Combination des Prinzipes der ursprünglich auf der Eisenbahn von Sceaux angewendeten Lösung mit den später erfundenen gegliederten Parallelogrammen hat Herr Arnour den sogleich anfangs gegen sein System erhobenen Einwand beseitigt und es ist nicht zu leugnen, daß die verbesserte Maschine in den Curven eine Schmiegsamkeit und Sanftheit des Ganges besitzt, welche nicht besser gewünscht werden kann. Es handelt sich aber hierbei nur um die Herstellung der Convergenz, eine mehr theoretische als praktische Bedingung, während die neue Maschine die Benutzung der totalen Adhäsion ausschließt und also nur bei sehr viel Windungen, aber geringe Steigungen enthaltenden Bahnlinien anwendbar wäre.

Meinungsverschiedenheiten über sehr starke Locomotiven. — Ew. Excellenz wissen recht wohl, wie sehr die Ansichten über den Werth sehr starker Maschinen getheilt sind. Ein italienischer Ingenieur, Herr Biglia, dessen Ansicht durch seine Stellung einen besondern Werth erhält, erklärt: „daß kein Ingenieur, welcher die Unterhaltungs- und Reparaturkosten der Maschine beurtheilen könne, darüber in Zweifel sein könne, daß zwei getrennte Maschinen von 26 Tonnen Gewicht (wie auf der schiefen Ebene von Giovi) unter sonst gleichen Umständen den Vorzug vor einer monströsen Maschine von 47 Tonnen Gewicht verdiene."

Als Ew. Excellenz neuerdings von den Eisenbahngesellschaften Gutachten über das von den Herren Meyer aufgestellte Project einer Maschine mit beweglichem Gestell einverlangt haben, sind folgende Meinungen ausgesprochen worden:

1. Gesellschaft der Mittelmeerbahn. — „Nach langen Versuchen hat die Gesellschaft nicht Bedenken getragen, für den Transport der Güter auf Bahnen mit sehr starken Steigungen das System der doppelten Bespannung anzuwenden,

was soviel sagen will, daß die vorliegende Frage (der Betrieb auf starken Steigungen und in starken Curven) durch Anwendung gewöhnlicher Maschinen ihre beste Lösung findet. Herr Oberingenieur Couche hat in seinem Berichte .... die Vorzüge dieses Systemes bezüglich der Oekonomie und Sicherheit dargelegt, und wir haben nur beizufügen, daß uns eine langjährige Erfahrung ganz zu denselben Ansichten geführt hat."

2. Gesellschaft der Westbahn. — „Man hat zum Betrieb der allerdings kurzen Rampe von Saint Germain (0,035) Maschinen von nur 2,8 Meter Abstand .... Sie lassen sich dos à dos zusammenhängen und unter diesen Verhältnissen zieht man 24 Wagen hinauf, wovon 12 bis 14 mit Imperialen versehen sind, an Gewicht 200 bis 220 Tonnen ohne Maschine."

3. Gesellschaft der Orleansbahn. — „Mit Rücksicht auf die wechselnden Steigungsverhältnisse des Eisenbahnnetzes haben wir den Maschinen mit acht gekuppelten Rädern und besonderen Vorkehrungen zum Durchlaufen von Curven von 150 Meter Radius den Vorzug gegeben."

Die zuletzt erwähnten „besondern Vorkehrungen" sind die osselets von Polonceau, welche ebenso wie die Federn Caillet's und die Balanciers Beuguiot's die Benutzung des den Axen gegebenen seitlichen Spielraumes reguliren sollen. Die letztgenannte Vorkehrung erscheint mir übrigens als die vorzüglichste, nicht blos weil sie mehrere, den andern beiden anhängende Mängel (z. B. die Störung, welche durch das Spielen der osselets in der Vertheilung des zwischen den Rädern aufgehangenen Gewichtes eintritt) vermieden hat, sondern auch weil sie den der Direction wegen von den Schienen auf die Spurkränze ausgeübten Druck auf die Hälfte reducirt.

Nach Obigem betrachtet ein Theil der französischen Eisenbahngesellschaften die Maschine mit 6 Rädern als für alle Fälle ausreichend, wogegen die Nordbahngesellschaft die mehrfache Bespannung nicht annimmt und die Einheit der Triebsmaschine als Bedingung eines ökonomischen Betriebes ansieht, und die Orleansbahngesellschaft eine Maschine von mittlerer Stärke für den Betrieb der ungünstigsten Strecken ihres Netzes ausreichend hält.

Ich kann meinerseits von der Ansicht, welcher die Mittelmeerbahn beigetreten ist, nicht abgehen. Es ist kein Grund vorhanden, warum zwei Maschinen nicht das Doppelte von der Last fortschaffen sollten, welche eine Maschine allein fortbewegt, und doch zeigte sich dies in der Praxis anders. Letztere Anomalie hat die Mittelmeerbahngesellschaft beseitigt, indem sie zugleich die auf die Einheit der Heizfläche bezogene Last, welche bei den Güterzügen weniger groß war als bei den Personenzügen, ansehnlich vergrößert hat.

Bei alledem ist es einerseits offenbar unmöglich, die Autorität so vieler Ingenieure, welche der Einheit des Betriebes mit starken Maschinen den Vorzug geben, nicht Rechnung zu tragen, zumal sich die Divergenz der Ansichten über eine sehr zusammengesetzte Frage der Oekonomie durch die verschiedenen Verhältnisse erklärt, unter welchen diese Erfahrungen gesammelt worden sind, andrerseits ist auch, selbst wenn man die Anwendung doppelter Locomotiven aus Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes von starken Steigungen für nothwendig hält, bereits jetzt der Zeitpunkt vorauszusehen, wo man so starke Steigungen zu überwinden haben wird, daß zwei gewöhnliche Maschinen von ungefähr 120 Quadratmeter Heizfläche nur leichte Züge aufwärts zu bewegen im Stande sein würden. Mag also auch der den sehr starken Maschinen gegebene Vorzug in Bezug auf Bahnen mit schwachen Steigungen noch als offene Frage zu betrachten sein, so kann die Anwendung solcher Maschinen für gewisse Linien mit sehr starken Steigungen und großem Verkehr, wie die Alpenbahnen, eine Lebensbedingung werden. Es wird dann ohne Zweifel diese Lösung mit derjenigen durch stehende Maschinen nach dem Agudio'schen Systeme oder sonst*) zu vergleichen sein. Es giebt indessen kein logischeres Auskunftsmittel, als daß man die Locomotive, die wahre Locomotive, welche ihr eignes Gewicht und die Last mit Hilfe der Adhäsion fortbewegt, soweit ausnutzt als möglich und die Maschine des Herrn Petiet ist eine sichere zuverlässige Lösung, bei welcher blos noch eine secundäre Frage zweifelhaft bleibt, nämlich die Abnutzung des Materiales. Sie ist also als ein wirklicher Fortschritt zu betrachten.

Wir brauchen übrigens nicht besonders zu erwähnen, daß dieselbe, wenn sie gleich durch eine Curve von 80 Metern Radius hindurchgelaufen ist, zu einem regelmäßigen Dienste für solche Verhältnisse nicht geeignet scheint. Sie hat, ich wiederhole es, darin ein Kraftstückchen vorgeführt und es ist dies ein interessantes Factum, denn wer das Schwerere kann, kann auch das Leichtere. Aber es ist einleuchtend, daß das Princip ihrer Construction durchaus nicht an die Dimensionen, welche diese Maschine mit Rücksicht auf die von ihr auf der Nordbahn geforderten Dienste erhalten hat, gebunden ist; müßte man sich, was ich bezweifle, entschließen, auf wichtigen Bahnlinien so außerordentlich starke Curven, als auf der Bahn von Saint Gobain anzuwenden, so würde man durch Nichts gehindert sein, die Länge und Stärke der

*) Kann man z. B. nach dem unerwarteten Erfolge, welchen die comprimirte Luft zur Transmission der mechanischen Arbeit gehabt hat, bezweifeln, daß die großartigen Anlagen bei Bardonnèche und Modane zum Ziehen Verwendung finden werden? „Die Lösung des Problemes des Betriebes mit comprimirter Luft." sagt Herr Sommeiller in seinem Berichte, ist eine Nothwendigkeit und sie läßt sich binnen Kurzem erwarten." Von der Feder eines bekanntermaaßen so vorsichtigen Ingenieurs erhält diese Behauptung eine hohe Bedeutung.

Maschinen entsprechend kleiner anzunehmen. Wir fügen indessen hinzu, daß der Durchmesser der Räder nicht kleiner gemacht werden dürfte, und daß ihre große Zahl selbst eine vortheilhafte Bedingung ist, weil die beiden mittleren Axen jeder Gruppe von sechs Rädern eine feste Basis mit mäßigem Abstand geben. Die Beugniot'schen Maschinen zeigen übrigens, daß diese Zahl auch wohl ohne wesentlichen Nachtheil für die Stabilität bis auf acht vermindert werden könnte.

Jedenfalls müßte aber die Theilung der Betriebsmaschine in vier Cylinder, welche das charakteristischste Merkmal der neuen Locomotiven bildet, beibehalten werden. Diese Theilung bewirkt nämlich nicht nur, daß bezüglich der Drehung blos 6 Räder fest verbunden sind, sie erleichtert auch die Vertheilung des aufgehangenen Gewichtes auf die Axen, reducirt die Masse jedes der bewegten Theile, erleichtert im Falle von Unglücksfällen unterwegs die Auseinandernahme und kürzt dadurch die Dauer solcher Aufenthalte ab. Ja, sie wird in vielen Fällen solchen Unfällen vorbeugen, weil bei dem Bruche eines Stückes noch immer drei Kolben unversehrt bleiben.

Hiernach kann man wohl behaupten, Herr Minister, daß die neue Locomotive der Nordbahn für die Eisenbahnen ein kräftiges Werkzeug werden kann, dessen besondere Eigenschaften dieselben in verschiedenen Verhältnissen nutzen können. Construirt mit Rücksicht auf schwere Züge, nicht zu starke Steigungen und Curven mit großem Radius, wie sie die Nordbahn bietet, läßt sie sich auch für Bahnen einrichten, welche aus ganz entgegengesetzten Gesichtspunkten tracirt sind, und realisirt in letzterer Beziehung einen um so bemerkenswertheren Fortschritt, als er mit den einfachsten Hilfsmitteln erzielt ist.

Ich habe die Ehre, Ew. Excellenz vorzuschlagen, dem Herrn Petiet Ihre Befriedigung über den der Eisenbahnindustrie, in welcher er bereits einen so ausgezeichneten Rang einnimmt, geleisteten Dienst auszusprechen. Ein wesentlicher Theil des Lobes gebührt auch Herrn Beugniot und ich schätze mich glücklich, Ew. Excellenz bei dieser Gelegenheit auf die Verdienste dieses geschickten Ingenieurs aufmerksam machen zu können. Er hat in der That nicht wenig dazu beigetragen, daß der Locomotivbau Frankreichs einen so hohen Rang in der europäischen Industrie einnimmt.

Genehmigen Ew. Excellenz u. s. w."

(Annales des Mines, 6. sér. 5 tom. 1. livr. de 1864.)

# Ueber die Anordnung der Feuerbrücke hinter dem Heerde der Feuerungen.

Von

**Ed. Jac. Noeggerath**, Director der Königl. Provinzial-Gewerbschule in Brieg a. O.

(Hierzu Fig. 1 und 2 auf Tafel 25.)

Die Versuche über den Einfluß der strahlenden Wärme auf den Heizeffect haben in überzeugendster Weise dargelegt, daß der Effect einer Feuerung durch möglichst ausgedehnte Anordnung directer Heyflächen wesentlich gesteigert werde. Gegenüber dieser Thatsache gilt es nunmehr, den Einfluß der sogenannten Feuerbrücke auf den Heizeffect festzustellen. Bekanntlich versteht man hierunter eine, die hintere Seite des Feuerraumes abschließende, gewöhnlich etwas schräg ansteigende Wand aus feuerfestem Mauerwerk, deren Oberkante etwa 10—16 Centimeter von der Heizfläche absteht. Durch die auf diese Weise gebildete enge, schlitzartige Oeffnung treten die Heizgase aus dem Feuerraum in den Feuerzug. Diese Anordnung soll eine Mischung und Pressung der verschiedenen Bestandtheile der Heizgase und dadurch eine vollständigere Verbrennung der brennbaren Theile derselben herbeiführen. Ob dieser Zweck einigermaaßen vollständig erreicht wird, oder ob die Feuerbrücke nicht Nachtheile herbeiführt, welche die etwaigen Vortheile vollständig aufwiegen, ist bis dahin durch Versuche nicht festgestellt worden. Thatsache ist nur, daß die Dampfkessel und die Böden der Siedepfannen über der Feuerbrücke durch die daselbst erzeugte Spitzflamme am meisten leiden und leicht durchbrennen.

Um den Einfluß der Feuerbrücke näher zu ermitteln, wurde bei dem weiten Feuerzuge von 26 Centimeter gleichmäßig durchgehender Höhe unmittelbar hinter dem Abschluß des Heerdes eine Mauer in feuerfestem Material von 16 Centimeter Stärke in einer Weise, welche Fig. 1 auf Taf. 25 im Durchschnitt zeigt, als Feuerbrücke angeordnet. Die Oberfläche derselben war nach dem Heerde zu etwas abgerundet und stand an der hintern Kante, welche nahezu in der Verticalebene der vordern Wandseite der Pfanne lag, 8 Centimeter von der Decke ab.

Das Feuer wurde, um die Heizflächen möglichst rein zu erhalten, zunächst mit Koks, später mit Steinkohlen in der gewöhnlichen Weise beschickt. Bei allen hier zu erwähnenden Versuchen war nur der eine der beiden Schornsteine im Gebrauch. Auch die übrigen äußeren Umstände waren vollständig gleich.

Die folgenden Tagesberichte I, V, IX und XI geben Auskunft über die mit und ohne Feuerbrücke erzielten Resultate. Bei den Versuchen I und V kamen Koks, bei den Versuchen IX und XI Steinkohlen als Brennmaterial zur Anwendung. Die Versuche I und XI wurden ohne, die V und IX mit Feuerbrücke vorgenommen. Dem Versuche XI waren vier Versuche mit Steinkohlen vorausgegangen und in Folge dessen eine derartige Berußung der Heizflächen eingetreten, daß die Verdampfung, namentlich in den hintern Sectionen, von Tag zu Tag schlechter werdend, auf ein Minimum gesunken war. Es wurde deshalb vor diesem Versuche des Morgens eine Reinigung der Heizflächen durch einen an einer Stange befestigten Strohwisch vorgenommen. Diese Reinigung erstreckte sich aber nur auf die hintern Sectionen und konnte weder gleichmäßig, noch gründlich durch die enge Thür der Hinterwand vorgenommen werden. In Folge dessen zeigen die Verdampfungen des Versuchs XI von den normalen Beziehungen sehr abweichende Resultate. Dem Versuche IX waren nur zwei Versuche mit Steinkohlen vorausgegangen, die Heizflächen bei demselben also nur etwa halb so stark von vorne herein mit Ruß bedeckt. Trotz der vorgenommenen Reinigung wurde deshalb der Versuch XI mit einer Heizfläche von viel geringerem Transmissionsvermögen als der Versuch IX angestellt. Dennoch sind die Gesammtresultate einander gleich, woraus hervorgehen möchte, daß bei gleicher Beschaffenheit der Heizflächen beim Versuch XI ein günstigeres Resultat als beim Versuch IX hätte erzielt werden müssen.

## I. Versuch.

Donnerstag, den 24. April 1862.
Weiter Feuerzug.
Einfacher Schornstein.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 270 Pfund.
Zurückgewogen 10 „
Verbrannt 260 Pfund.

Angefangen 7h —'.
Aufgehört 6h 20'.
Dauer 11h 20'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 740,5 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | | Anmerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 11h | 1h | 3h | 6h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | die Wasserfüllung des Abends am 24. April. | die Wasserfüllung des Morgens am 25. April. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. | |
| der Mauer | 55 | 76 | 90 | 120 | 140 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 255 | 266 | 260 | 266 | 260 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 10 | 14 | 18 | 22 | 14 | „ | | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 525 | 5,75 | 519,25 | 52,5 | 20,5 | 32 | 0,29 | 199,70 | 209,70 | 0,407 | Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:<br>in Section I bis IV 401,43 Pfund,<br>in Section IV bis X 88,91 Pfund,<br>und kamen daher auf:<br>die vier ersten Sectionen 81,8%,<br>die sechs letzten Sectionen 18,2%<br>des pro 100 Pfund Brennmaterial erzielten Gesammteffects. |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 280 | 35,00 | 245,00 | 43,0 | 24,0 | 19 | 0,17 | 94,23 | 98,90 | 0,192 | |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 175 | 7,50 | 167,50 | 30,0 | 17,0 | 13 | 0,12 | 64,23 | 67,40 | 0,131 | |
| „ „ IV | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 27,50 | 112,50 | 27,5 | 17,5 | 10 | 0,09 | 43,27 | 45,40 | 0,088 | |
| „ „ V | 93 | 93 | 94 | 93 | 93 | 93 | 105 | 22,75 | 82,25 | 20,5 | 12,5 | 8 | 0,07 | 29,42 | 30,90 | 0,060 | |
| „ „ VI | 87 | 87 | 88 | 87 | 87 | 87 | 70 | 10,00 | 60,00 | 12,0 | 5,0 | 7 | 0,07 | 20,07 | 21,10 | 0,041 | |
| „ „ VII | 80 | 80 | 80 | 81 | 80 | 80 | 70 | 22,50 | 47,50 | 12,5 | 6,0 | 6,5 | 0,06 | 14,61 | 15,30 | 0,030 | |
| „ „ VIII | 73 | 75 | 72 | 75 | 74 | 74 | 70 | 33,00 | 37,00 | 13,0 | 7,0 | 6 | 0,05 | 10,53 | 11,10 | 0,022 | |
| „ „ IX | 65 | 67 | 70 | 65 | 67 | 67 | 35 | 4,50 | 30,50 | 13,5 | 8,5 | 5 | 0,04 | 7,86 | 8,30 | 0,016 | |
| „ „ X | 61 | 62 | 65 | 63 | 63 | 63 | 35 | 8,50 | 26,50 | 14,5 | 9,5 | 5 | 0,04 | 6,42 | 6,70 | 0,013 | |
| | | | | | | | 1505 | 177,00 | 1328,00 | 239,0 | 127,5 | 111,5 | 1,00 | 490,34 | 514,80 | 1,000 | |

## V. Versuch.

**Samstag, den 3. Mai 1862.**

Weiter Feuerzug mit Feuerbrücke.
Einfacher Schornstein.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 210 Pfund.
Zurückgewogen 5 „
Verbraunt 205 Pfund.

Angefangen 6h 30'.
Aufgehört 4h 30'.
Dauer 10h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 748,8 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | b. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | c. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung des Abends am 3. Mai. | die Wasserfüllung des Morgens am 4. Mai. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | d. Es wurden erzielt: Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Brucheilen des Gesammt-Effects. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der Mauer | 70 | 84 | 110 | 125 | 140 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 16 | 19 | 21 | 26 | 21 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 315 | 35,00 | 280,00 | 70,00 | 25,50 | 44,50 | 0,292 | 136,59 | 143,4 | 0,329 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 19,50 | 190,50 | 54,50 | 28,25 | 26,25 | 0,173 | 92,93 | 97,6 | 0,224 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 11,25 | 128,75 | 46,25 | 29,25 | 17,00 | 0,112 | 62,81 | 66,0 | 0,151 |
| „ „ IV | 92 | 98 | 100 | 100 | 100 | 98 | 105 | 22,75 | 82,25 | 37,75 | 25,00 | 12,75 | 0,083 | 39,32 | 41,3 | 0,095 |
| „ „ V | 82 | 89 | 89 | 87 | 89 | 87 | 70 | 9,50 | 60,50 | 29,50 | 17,75 | 11,75 | 0,077 | 25,68 | 27,0 | 0,062 |
| „ „ VI | 80 | 83 | 84 | 83 | 84 | 83 | 55 | 9,25 | 45,75 | 29,25 | 19,00 | 10,25 | 0,068 | 18,52 | 19,5 | 0,045 |
| „ „ VII | 75 | 77 | 77 | 78 | 79 | 77 | 45 | 11,00 | 34,00 | 21,00 | 12,00 | 9,00 | 0,058 | 12,77 | 13,4 | 0,031 |
| „ „ VIII | 72 | 75 | 75 | 75 | 75 | 74 | 45 | 15,50 | 29,50 | 25,50 | 17,50 | 8,00 | 0,053 | 10,65 | 11,2 | 0,026 |
| „ „ IX | 69 | 71 | 72 | 72 | 71 | 71 | 35 | 10,50 | 24,50 | 22,50 | 15,50 | 7,00 | 0,046 | 8,49 | 8,9 | 0,020 |
| „ „ X | 67 | 68 | 70 | 70 | 69 | 69 | 35 | 13,50 | 21,50 | 23,50 | 17,50 | 6,00 | 0,040 | 7,24 | 7,6 | 0,017 |
| | | | | | | | 1055 | 157,75 | 897,25 | 359,75 | 207,25 | 152,50 | 1,000 | 415,00 | 435,9 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 331,65 Pfund,
in Section IV bis X 83,35 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 97,9%,
die sechs letzten Sectionen 20,1%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Die Flamme reichte nur in einigen Momenten bis zur Beobachtungsröhre II.

**Brennmaterial:** Steinkohlen.
Zugewogen 300 Pfund.
Zurückgewogen — „
Verbrannt 300 Pfund.

## IX. Versuch.

### Samstag, den 17. Mai 1862.

**Weiter Feuerzug mit Feuerbrücke.**
**Einfacher Schornstein.**

Angefangen 6h —'.
Aufgehört 4h —'.
Dauer 10h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 747,4 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | die Wasserfüllung des Abends am 17. Mai. | die Wasserfüllung des Morgens am 18. Mai. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 39 | 57 | 78 | 92 | 109 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 260 | 300 | 310 | 310 | 295 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 13 | 15 | 16 | 17 | 15 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 525 | 13,75 | 511,25 | 83,25 | 27,25 | 56,0 | 0,31 | 170,42 | 178,94 | 0,464 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 315 | 30,75 | 284,25 | 65,75 | 30,75 | 35,0 | 0,20 | 94,75 | 99,49 | 0,258 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 21,75 | 118,25 | 41,75 | 18,75 | 23,0 | 0,13 | 39,42 | 41,89 | 0,107 |
| „ „ IV | 92 | 92 | 96 | 95 | 95 | 94 | 90 | 13,00 | 77,00 | 33,00 | 17,50 | 15,5 | 0,09 | 24,13 | 25,33 | 0,066 |
| „ „ V | 81 | 84 | 85 | 85 | 85 | 84 | 55 | 6,00 | 49,00 | 26,00 | 12,75 | 13,25 | 0,07 | 13,72 | 14,41 | 0,037 |
| „ „ VI | 73 | 75 | 75 | 77 | 74 | 75 | 45 | 15,75 | 29,25 | 25,75 | 16,25 | 9,5 | 0,05 | 7,31 | 7,68 | 0,020 |
| „ „ VII | 70 | 72 | 72 | 72 | 68 | 71 | 45 | 22,25 | 22,75 | 22,25 | 15,00 | 7,25 | 0,04 | 5,38 | 5,65 | 0,015 |
| „ „ VIII | 60 | 70 | 70 | 70 | 67 | 69 | 45 | 24,75 | 20,25 | 24,75 | 19,25 | 5,5 | 0,03 | 4,66 | 4,89 | 0,013 |
| „ „ IX | 66 | 67 | 68 | 68 | 66 | 67 | 45 | 26,75 | 18,25 | 26,75 | 19,50 | 7,25 | 0,04 | 4,08 | 4,28 | 0,011 |
| „ „ X | 63 | 64 | 65 | 65 | 64 | 64 | 45 | 29,25 | 15,75 | 29,25 | 22,75 | 6,5 | 0,04 | 3,36 | 3,53 | 0,009 |
| | | | | | | | 1350 | 204 | 1146 | 378,50 | 199,75 | 178,75 | 1,00 | 367,23 | 385,59 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 328,72 Pfund,
in Section IV bis X 38,51 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 83,5%,
die sechs letzten Sectionen 16,5%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Der Schornsteinschieber ist vollständig geöffnet.

**Brennmaterial:** Steinkohlen.
Zugewogen 240 Pfund.
Zurückgewogen — „
Verbraunt 240 Pfund.

## XI. Versuch.

**Dienstag, den 20. Mai 1862.**

Weiter Feuerzug ohne Feuerbrücke.
Einfacher Schornstein.

Angefangen 7 h —'.
Aufgehört 5 h —'.
Dauer 10 h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 740,9 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | |
| | 9 h | 10 h | 12 h | 2 h | 4 h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 20. Mai. | des Morgens am 21. Mai. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 40 | 68 | 100 | 120 | 140 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 300 | 310 | 310 | 310 | 310 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 16 | 18 | 20 | 21 | 23 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 455 | 17,50 | 437,50 | 62,5 | 26,75 | 35,75 | 0,31 | 182,29 | 191,41 | 0,497 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 32,75 | 177,25 | 32,75 | 12,5 | 20,25 | 0,17 | 73,85 | 77,55 | 0,201 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 27,50 | 97,50 | 27,5 | 14,5 | 13,00 | 0,11 | 40,63 | 42,66 | 0,111 |
| „ „ IV | 85 | 88 | 88 | 86 | 86 | 87 | 80 | 22,75 | 57,25 | 22,75 | 12,75 | 10,00 | 0,09 | 20,75 | 21,79 | 0,057 |
| „ „ V | 75 | 76 | 77 | 76 | 76 | 76 | 55 | 20,50 | 34,50 | 20,5 | 12,5 | 8,00 | 0,07 | 10,93 | 11,47 | 0,030 |
| „ „ VI | 66 | 72 | 72 | 71 | 70 | 70 | 35 | 10,75 | 24,25 | 10,75 | 5,5 | 5,25 | 0,05 | 7,07 | 7,43 | 0,014 |
| „ „ VII | 75 | 76 | 78 | 79 | 72 | 76 | 45 | 13,50 | 31,50 | 13,5 | 8,25 | 5,25 | 0,05 | 9,98 | 10,47 | 0,027 |
| „ „ VIII | 73 | 75 | 75 | 77 | 75 | 75 | 45 | 14,50 | 30,50 | 14,5 | 8,25 | 6,25 | 0,054 | 9,55 | 10,01 | 0,026 |
| „ „ IX | 66 | 68 | 69 | 69 | 69 | 68 | 45 | 20,25 | 24,75 | 20,25 | 12,75 | 7,5 | 0,06 | 7,01 | 7,36 | 0,019 |
| „ „ X | 60 | 62 | 63 | 66 | 63 | 63 | 45 | 16,50 | 18,50 | 16,5 | 12,0 | 4,5 | 0,04 | 4,86 | 5,10 | 0,013 |
| | | | | | | | 1130 | 196,50 | 933,50 | 241,50 | 125,75 | 115,75 | 1,00 | 366,90 | 385,25 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 317,52 Pfund,
in Section IV bis X 49,38 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 86,6 %,
die sechs letzten Sectionen 13,4 %
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Vor Beginn des Versuches wurden die Heizflächen der 4 letzten Sectionen mittelst eines, an einer Stange befestigten Strohwisches vom Ruß befreit, was jedoch nur oberflächlich geschehen konnte. Die Fläche der Section VII wurde nur theilweise gereinigt.

Die graphische Darstellung der Resultate dieser Versuche giebt Tafel 25. Die Auftragung der einzelnen Größen ist nach denselben Normen vorgenommen worden, die früher*) angegeben wurden. Die den Versuchen mit Koks und Steinkohle, bei gerade durchlaufendem Feuerzuge oder bei Anwendung einer Feuerbrücke entsprechenden Grenzlinien der Wärmetransmission sind auf verschiedene, auf der Tafel näher angegebene Weise bezeichnet.

Bei der Feuerung mit Koks liegt die Grenzlinie des gerade durchlaufenden Feuerzugs in den ersten sieben Sectionen überall über der der Anordnung mit Feuerbrücke; erst in der achten Section schneidet letztere Linie die erstere, erhebt sich aber, bis zum Ende gleichmäßig verlaufend, kaum nennenswerth über derselben. Ueber der ersten Section, von der die strahlende Wärme durch die Feuerbrücke zurückgehalten wird, ist die Erhebung der Grenzlinie des durchlaufenden Feuerzugs über der der Anordnung mit Feuerbrücke am beträchtlichsten. Der Gesammteffect fällt durch die Feuerbrücke von 514 auf 436 Wärmeeinheiten, also um 78 Wärmeeinheiten oder 15% nahezu.

Bei der Feuerung mit Steinkohlen gewähren die vorliegenden Versuche kein in Zahlen feststellbares Resultat. Die graphische Darstellung läßt aber auch hier trotz der ungleichen Transmissions-Verhältnisse erkennen, daß der Wärmeeffect durch Anordnung der Feuerbrücke in den ersten Sectionen herabgezogen worden ist. Es wird späteren Versuchen überlassen bleiben müssen, festzustellen, ob die Feuerbrücke bei Steinkohlen den durch Abhaltung der strahlenden Wärme herbeigeführten Wärmeverlust durch eine innigere Mischung und dadurch erzielte vollständigere Verbrennung der aus dem Heerdraume abziehenden Kohlenwasserstoffgase und der überschüssigen atmosphärischen Luft bei ausreichender Temperatur einigermaaßen auszugleichen vermag. Ist dies der Fall, so werden die Sectionen des Versuchsapparats, welche directe Heizflächen darbieten, bei der Anordnung der Feuerbrücke eine **Verminderung**, dagegen diejenigen Sectionen, welche nur indirecte Heizflächen gewähren, eine **Vermehrung** des Heizeffects zeigen. Der Umstand, daß, wie die graphische Darstellung vor Augen legt, die Grenzlinie des Versuchs mit Feuerbrücke über der Mitte der ersten Section niedriger, dagegen über der Mitte der zweiten Section, wo der Erfolg der vollständigeren Verbrennung der Gase vorzugsweise eintreten muß, bedeutend höher liegt, als die Grenzlinie des durchlaufenden Feuerzugs, deutet hierauf entschieden hin.

*) Versuche über den Einfluß der strahlenden Wärme auf den Heizeffect. (Seite 403.)

Fassen wir die Resultate zusammen, so ergiebt sich:

1) daß bei der Feuerung mit Koks und wenig flammenden Brennmaterialien die Anordnung einer Feuerbrücke entschieden zu verwerfen ist, da sie beträchtliche Verluste des Heizeffects herbeiführt.

2) daß bei der Feuerung mit Steinkohlen und stark flammenden Brennmaterialien die Anordnung der Feuerbrücke so beträchtliche Verluste des Heizeffects wie im vorigen Falle zwar nicht herbeiführt, daß aber auch ein Gewinn an Heizeffect durch die Feuerbrücke nicht abzusehen ist, und deshalb, weil gerade bei den hier vorausgesetzten Brennmaterialien leicht ein Durchbrennen der Heizflächen erfolgt, es zweckmäßig sein möchte, die Feuerbrücke zu verwerfen.

Aus alle dem folgt nun, daß man in jedem Falle die Feuerbrücke zu vermeiden, und den Feuerheerd nur so weit nach hinten abzuschließen haben wird, als nothwendig ist, um zu verhindern, daß die Brennmaterialien bei der Beschickung vom Rost in den Feuerzug gestoßen werden.

Brieg, den 22. Mai 1864.

# Ueber den Einfluß des in den Heerdraum einer Feuerung eingeleiteten Wasserdampfs auf den Heizeffect.

Von

**Ed. Jac. Noeggerath**, Director der Königl. Provinzial-Gewerbschule in Brieg a. O.

(Hierzu Fig. 3 und 4 auf Tafel 25.)

Es ist in der neuern Zeit vielfältig angenommen worden, daß Wasserdampf, den man durch den Rost einer mit Koks oder Steinkohlen beschickten Feuerung eintreten läßt, vortheilhaft auf den Heizeffekt einwirke. Man nimmt dabei an, daß durch die glühenden Kohlen eine Zersetzung des Wasserdampfs in seine Elementar-Bestandtheile und demnächst eine vortheilhaftere Verbrennung auf dem Heerde und in dem vorderen Theile des Feuerzugs herbeigeführt werde. Der Verfasser theilte diese Ansicht nicht. Nichtsdestoweniger war er gern bereit, durch eingehendere Versuche den Sachverhalt zu erhellen. Er wurde um so mehr hierzu bestimmt, als nach den Mittheilungen erfahrungsreicher Techniker durch Einführung von Wasserdampf die Flamme im Heerdraume beträchtlich verstärkt wird. Auf dem Hüttenwerk der Herren Karcher & Westermann in Ars an der Mosel, bei Metz, wurde durch Einführung eines Dampfstrahls in einen Puddelofen eine ganz außerordentliche Verstärkung der Flamme erzielt. Indessen hat man die betreffende Einrichtung wieder beseitigen müssen, da die hinteren Partien des Ofens auf Kosten der vorderen zu stark erhitzt wurden. Der als Techniker rühmlichst bekannte Director der de Wendel'schen Koksanlage bei Sulzbach, Herr Nerrouth, theilte dem Verfasser mit, daß er durch ein mit Wasser gefülltes Gefäß, welches er unter den Rost einer mit Koks beschickten Feuerung stellen ließ, sehr gute Resultate erzielt habe. Herr Nerrouth hatte die Freundlichkeit, dem Verfasser ein solches Gefäß zu seinen Versuchen zur Verfügung zu stellen. Dasselbe war von Gußeisen, hatte die in Fig. 4 auf Taf. 25 abgebildete Form, und, an den oberen Kanten gemessen, 37 Centimeter Breite und 70 Centimeter Länge, bot also, ganz mit Wasser gefüllt, eine Wasserfläche von 0,259 Quadratmeter dar. Es war 30 Centimeter hoch. Bei den Versuchen wurde es in den Aschenfall der in den Versuchen über den Einfluß der strahlenden Wärme auf den Heizeffect beschriebenen Feuerungs-Anlage gestellt, so daß sämmtliche durch die Oeffnungen des Rostes durchfallende Asche und glühende Koksstückchen in dasselbe fallen, dadurch das in demselben befindliche Wasser erwärmen und Dampf erzeugen mußten, welcher durch den Luftzug nach dem Roste geführt wurde.

Die unmittelbare Beobachtung ergab zunächst bei allen Versuchen, bei denen dies Wassergefäß zur Anwendung kam, daß die Roststäbe niemals, wie dies sonst wohl bisweilen der Fall war, glühend wurden, und daß die Flamme auf dem Heerde und in dem Feuerzuge besonders lebhaft und viel länger war, als bei den Versuchen, welche ohne Wassergefäß vorgenommen wurden.

Die Tagesberichte I, II, V und VI gestatten eine Vergleichung der mit und ohne Anwendung des Wassergefäßes erzielten Resultate. Die Versuche I und V wurden ohne, die II und VI mit Wassergefäß vorgenommen. Bei den Versuchen I und II kam unter der Pfanne der gleichmäßig verlaufende weite Feuerzug von 26 Centimeter Höhe ohne Feuerbrücke zur Anwendung. Bei den Versuchen V und VI war eine Feuerbrücke in denselben eingelegt, deren Oberkante 8 Centimeter unter der Bodenfläche der Pfanne lag.

# I. Versuch.

Donnerstag, den 24. April 1862.

Weiter Feuerzug.
Einfacher Schornstein.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 270 Pfund.
Zurückgewogen 10 „
Verbrannt 260 Pfund.

Angefangen 7h —'.
Aufgehört 6h 20'.
Dauer 11h 20'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 740,5 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | die Wasserfüllung | | die Verdunstung | | | | |
| | 9h | 11h | 1h | 3h | 6h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | des Abends am 24. April. | des Morgens am 25. April. | absolut. | in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 55 | 76 | 90 | 120 | 140 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 255 | 266 | 260 | 266 | 260 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 10 | 14 | 18 | 22 | 14 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 525 | 5,75 | 519,25 | 52,5 | 20,5 | 32 | 0,29 | 199,70 | 209,70 | 0,407 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 280 | 35,00 | 245,00 | 43,0 | 24,0 | 19 | 0,17 | 94,23 | 98,90 | 0,192 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 175 | 7,50 | 167,50 | 30,0 | 17,0 | 13 | 0,12 | 64,23 | 67,40 | 0,131 |
| „ „ IV | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 27,50 | 112,50 | 27,5 | 17,5 | 10 | 0,09 | 43,27 | 45,40 | 0,088 |
| „ „ V | 93 | 93 | 94 | 93 | 93 | 93 | 105 | 22,75 | 82,25 | 20,5 | 12,5 | 8 | 0,07 | 29,42 | 30,90 | 0,060 |
| „ „ VI | 87 | 87 | 88 | 87 | 87 | 87 | 70 | 10,00 | 60,00 | 12,0 | 5,0 | 7 | 0,07 | 20,07 | 21,10 | 0,041 |
| „ „ VII | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 70 | 22,50 | 47,50 | 12,5 | 6,0 | 6,5 | 0,06 | 14,61 | 15,30 | 0,030 |
| „ „ VIII | 73 | 75 | 72 | 75 | 74 | 74 | 70 | 33,00 | 37,00 | 13,0 | 7,0 | 6 | 0,05 | 10,53 | 11,10 | 0,022 |
| „ „ IX | 65 | 67 | 70 | 65 | 67 | 67 | 35 | 4,50 | 30,50 | 13,5 | 8,5 | 5 | 0,04 | 7,86 | 8,30 | 0,016 |
| „ „ X | 61 | 62 | 65 | 63 | 63 | 63 | 35 | 8,50 | 26,50 | 14,5 | 9,5 | 5 | 0,04 | 6,42 | 6,70 | 0,013 |
| | | | | | | | 1505 | 177,00 | 1328,00 | 239,0 | 127,5 | 111,5 | 1,00 | 490,34 | 514,80 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt
in Section I bis IV 401,43 Pfund,
in Section IV bis X 88,91 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 81,8%,
die sechs letzten Sectionen 18,2%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

**Brennmaterial: Koks.**
Zugewogen 270 Pfund.
Zurückgewogen 10 „
Verbrannt 260 Pfund.

## II. Versuch.

Montag, den 28. April 1862.
Weiter Feuerzug.
Einfacher Schornstein.

Angefangen 7h 30'.
Aufgehört 6h 30'.
Dauer 11h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 745,6 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: 9h | 11h | 1h | 3h | 6h | im Mittel. | b. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | c. Es betrug in Zollpfund: die Wasserfüllung des Abends am 28. April. | die Wasserfüllung des Morgens am 29. April. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | d. Es wurden erzielt: Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der Mauer | 16 | 62 | 80 | 93 | 110 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 240 | 250 | 250 | 250 | 260 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 14 | 19 | 19 | 19 | 18 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 455 | 23 | 432 | 58 | 26,5 | 31,5 | 0,28 | 166,15 | 174,5 | 0,388 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 245 | 13 | 232 | 23 | 4,5 | 18,5 | 0,16 | 89,23 | 93,7 | 0,208 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 175 | 20 | 155 | 20 | 7 | 13 | 0,12 | 59,61 | 62,6 | 0,139 |
| „ „ IV | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | 2,5 | 102,5 | 14,5 | 3,5 | 11 | 0,10 | 39,42 | 41,4 | 0,092 |
| „ „ V | 90 | 92 | 94 | 90 | 94 | 92 | 105 | 36,5 | 68,5 | 36,5 | 26,5 | 10 | 0,09 | 24,24 | 25,5 | 0,057 |
| „ „ VI | 87 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 70 | 18 | 52 | 18 | 10 | 8 | 0,07 | 17,60 | 18,5 | 0,041 |
| „ „ VII | 78 | 84 | 82 | 82 | 82 | 82 | 45 | 7,5 | 37,5 | 18,5 | 12,5 | 6 | 0,05 | 11,83 | 12,4 | 0,028 |
| „ „ VIII | 73 | 74 | 76 | 77 | 79 | 76 | 45 | 15 | 30 | 15,5 | 10,5 | 5 | 0,044 | 8,77 | 9,2 | 0,021 |
| „ „ IX | 70 | 71 | 72 | 72 | 75 | 72 | 45 | 23 | 22 | 23 | 18 | 5 | 0,044 | 6,09 | 6,4 | 0,015 |
| „ „ X | 66 | 65 | 65 | 66 | 68 | 66 | 45 | 26 | 19 | 26 | 21 | 5 | 0,044 | 4,82 | 5,0 | 0,011 |
| | | | | | | | 1335 | 184,5 | 1150,5 | 253,0 | 140,0 | 113,0 | 1,000 | 427,76 | 449,2 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 354,41 Pfund,
in Section IV bis X 73,35 Pfund,
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 82,7 %,
die sechs letzten Sectionen 17,3 %
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Im Aschenfall ist das Wassergefäß aufgestellt.

Die Flamme ist lebhafter, als ohne Anwendung des Wassergefäßes, und reicht bis zur Beobachtungsröhre III.

## V. Versuch.

**Samstag, den 3. Mai 1862.**

Weiter Feuerzug mit Feuerbrücke.
Einfacher Schornstein.

Brennmaterial: Koks.
Zugewogen 210 Pfund.
Zurückgewogen 5 „
Verbrannt 205 Pfund.

Angefangen 6h 30'.
Aufgehört 4h 30'.
Dauer 10h —'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 748,8 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | | Anmerkungen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8h | 10h | 12h | 2h | 4h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | die Wasserfüllung des Abends am 3. Mai. | die Wasserfüllung des Morgens am 4. Mai. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. | |
| der Mauer | 70 | 84 | 110 | 125 | 140 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | „ | | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 16 | 19 | 21 | 26 | 21 | „ | | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 315 | 35,00 | 280,00 | 70,00 | 25,50 | 44,50 | 0,292 | 136,59 | 143,4 | 0,329 | |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 19,50 | 190,50 | 54,50 | 28,25 | 26,25 | 0,173 | 92,93 | 97,6 | 0,224 | |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 11,25 | 128,75 | 46,25 | 29,25 | 17,00 | 0,112 | 62,81 | 66,0 | 0,151 | |
| „ „ IV | 92 | 98 | 100 | 100 | 100 | 98 | 105 | 22,75 | 82,25 | 37,75 | 25,00 | 12,75 | 0,083 | 39,32 | 41,3 | 0,095 | |
| „ „ V | 82 | 89 | 89 | 87 | 89 | 87 | 70 | 9,50 | 60,50 | 29,50 | 17,75 | 11,75 | 0,077 | 25,68 | 27,0 | 0,062 | |
| „ „ VI | 80 | 83 | 84 | 83 | 84 | 83 | 55 | 9,25 | 45,75 | 29,25 | 19,00 | 10,25 | 0,068 | 18,52 | 19,5 | 0,045 | |
| „ „ VII | 75 | 77 | 77 | 78 | 79 | 77 | 45 | 11,00 | 34,00 | 21,00 | 12,00 | 9,00 | 0,058 | 12,77 | 13,4 | 0,031 | |
| „ „ VIII | 72 | 75 | 75 | 75 | 75 | 74 | 45 | 15,50 | 29,50 | 25,50 | 17,50 | 8,00 | 0,053 | 10,65 | 11,2 | 0,026 | |
| „ „ IX | 69 | 71 | 72 | 72 | 71 | 71 | 35 | 10,50 | 24,50 | 22,50 | 15,50 | 7,00 | 0,046 | 8,49 | 8,9 | 0,020 | |
| „ „ X | 67 | 68 | 70 | 70 | 69 | 69 | 35 | 13,50 | 21,50 | 23,50 | 17,50 | 6,00 | 0,040 | 7,24 | 7,6 | 0,017 | |
| | | | | | | | 1055 | 157,75 | 897,25 | 359,75 | 207,25 | 152,50 | 1,000 | 415,00 | 435,9 | 1,000 | |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfund Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 331,65 Pfund,
in Section IV bis X 83,35 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 79,9%,
die sechs letzten Sectionen 20,1%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Die Flamme reichte nur in einigen Momenten bis zur Beobachtungsröhre II.

## VI. Versuch.

**Montag, den 5. Mai 1862.**

Weiter Feuerzug mit Feuerbrücke.
Einfacher Schornstein.

Brennmaterial: **Koks**.
Zugewogen 180 Pfund.
Zurückgewogen — „
Verbrannt 180 Pfund.

Angefangen 6h 30'.
Aufgehört 5h —'.
Dauer 10h 30'.
Wassertemperatur 10° C.
Barometerstand 747,1 Millimeter.

| | a. Es betrug die Temperatur: | | | | | | b. Es betrug in Zollpfund: | | | c. Es betrug in Zollpfund: | | | | d. Es wurden erzielt: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9h | 11h | 1h | 3h | 5h | im Mittel. | die Wasserfüllung. | der Wasserrest. | das verdampfte Wasser. | die Wasserfüllung des Abends am 5. Mai. | die Wasserfüllung des Morgens am 6. Mai. | die Verdunstung absolut. | die Verdunstung in Prozenten. | Pro 100 Pfund Brennmat. Pfunde Dampf von 100° auf der ganzen Bodenfläche. | Pro 500 Pfd. Brennmaterial Wärmeeinheiten pro Quadr.-Centimeter Bodenfläche. | Wärmemengen in Bruchtheilen des Gesammt-Effects. |
| der Mauer | 40 | 54 | 74 | 100 | 120 | „ | | | | | | | | | | |
| der Fuchsgase | 210 | 215 | 220 | 230 | 230 | „ | | | | | | | | | | |
| der Atmosphäre | 17 | 21 | 26 | 27 | 26 | „ | | | | | | | | | | |
| in Section I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 210 | 14,75 | 195,25 | 54,75 | 14,75 | 40,0 | 0,33 | 108,47 | 113,9 | 0,329 |
| „ „ II | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 140 | 7,75 | 132,25 | 37,75 | 15,75 | 22,0 | 0,18 | 73,47 | 77,2 | 0,224 |
| „ „ III | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 105 | 15,75 | 89,25 | 25,75 | 10,75 | 15,0 | 0,12 | 49,58 | 52,1 | 0,151 |
| „ „ IV | 88 | 95 | 95 | 98 | 95 | 95 | 70 | 8,75 | 61,25 | 28,75 | 17,75 | 11,0 | 0,09 | 32,33 | 34,0 | 0,098 |
| „ „ V | 80 | 85 | 85 | 86 | 86 | 85 | 70 | 27,00 | 43,00 | 27,00 | 18,00 | 9,0 | 0,07 | 20,31 | 21,3 | 0,062 |
| „ „ VI | 75 | 76 | 78 | 78 | 78 | 77 | 55 | 18,75 | 36,25 | 18,75 | 12,75 | 6,0 | 0,05 | 15,51 | 16,3 | 0,047 |
| „ „ VII | 70 | 72 | 74 | 75 | 75 | 73 | 35 | 8,00 | 27,00 | 18,00 | 12,50 | 5,5 | 0,04 | 10,95 | 11,5 | 0,033 |
| „ „ VIII | 65 | 66 | 69 | 69 | 72 | 68 | 35 | 13,00 | 22,00 | 18,00 | 13,00 | 5,0 | 0,04 | 8,31 | 8,7 | 0,022 |
| „ „ IX | 60 | 62 | 64 | 64 | 66 | 63 | 35 | 17,25 | 17,75 | 17,25 | 12,25 | 5,0 | 0,04 | 6,04 | 6,4 | 0,018 |
| „ „ X | 56 | 58 | 60 | 62 | 62 | 59 | 35 | 19,50 | 15,50 | 19,50 | 15,00 | 4,5 | 0,04 | 5,08 | 5,3 | 0,016 |
| | | | | | | | 790 | 150,50 | 639,50 | 265,50 | 142,50 | 123,0 | 1,00 | 330,05 | 346,7 | 1,000 |

**Anmerkungen.**

Es wurde Dampf von 100° pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielt:
in Section I bis IV 263,83 Pfund
in Section IV bis X 66,20 Pfund
und kamen daher auf:
die vier ersten Sectionen 80,2%,
die sechs letzten Sectionen 19,8%
des pro 100 Pfd. Brennmaterial erzielten Gesammteffects.

Bei diesem Versuche ist das bei den Versuchen II und III angewendete Wassergefäß im Aschenfall aufgestellt.

Fig. 3 auf Taf. 25 giebt die graphische Darstellung dieser Resultate. Derselben wurden die in dem oben angeführten Aufsatz entwickelten Normen zu Grunde gelegt. Die stärker gezogenen Grenzlinien entsprechen den Versuchen ohne Anwendung des Wassergefäßes, die schwächeren den Versuchen mit Anwendung dieses Gefäßes. Die ausgezogenen und punktirt gestrichelten Grenzlinien stellen die Resultate der Versuche ohne Feuerbrücke und die punktirten Linien die der Versuche mit Feuerbrücke dar.

Man erkennt, daß in beiden Fällen, mit und ohne Feuerbrücke, der Effect durch Anwendung des Wassergefäßes beträchtlich herabgezogen wird. Dies ist namentlich unter den ersten Sectionen der Fall, und vermindert sich gleichmäßig von vorne nach hinten.

Die Effectdifferenz der Versuche mit Anwendung der Feuerbrücke ist beträchtlich größer, als ohne dieselbe. Durch Anwendung des Wasserdampfs fällt hier der Effect von 435 auf 346 Wärmeeinheiten, also um 89 Wärmeeinheiten oder nahezu 20%, während er ohne Feuerbrücke nur von 514 auf 449 Wärmeeinheiten, also um 65 Wärmeeinheiten oder nahezu 12,6% fällt.

Diese Ergebnisse legen mit größter Klarheit dar, daß die Anwendung des Wasserdampfs eine Vermehrung des Heizeffects nicht herbeiführt. Der durch die Roststäbe zwischen die glühenden Kohlen gelangende Dampf wird nach aller Wahrscheinlichkeit keineswegs vollständig zersetzt, sondern zum größeren Theil nur stark erhitzt, und deshalb eine Quelle der Warme-Consumtion, statt eine solche der Production. Auf dem ganzen Wege des Feuerzugs entzieht derselbe den mit ihm gemischten Gasen Wärme, so lange seine Temperatur unter der dieser Gase ist. Da aber diese Gastemperatur noch unter den letzten Sectionen sehr bedeutend und die Wärmecapacität des Wasserdampfs größer als die der Heizgase ist, so muß ersichtlich die Temperatur dieser und dadurch der Heizeffect beträchtlich herabgezogen werden.

Daß theilweise eine Zersetzung des Wasserdampfs und nachfolgende Verbrennung seiner Bestandtheile im Heerdraume eintritt, wird allerdings durch das lebhaftere Brennen und die längere Flamme dargelegt. Allein hiermit ist noch keineswegs eine Vermehrung des Heizeffects verbunden. Einmal möchte die bei Zersetzung des Wasserdampfs aufgewendete Wärme derjenigen äquivalent sein, welche bei der Verbrennung seiner Bestandtheile erzeugt wird, ein andermal aber auch bei dieser Verbrennung wieder Wasserdampf erzeugt werden, der alsdann eine für die Temperaturverhältnisse der Heizgase nachtheilige Wirkung in ähnlicher Weise hervorrufen möchte, wie in dem Falle, wo er mit denselben unmittelbar in den Heizcanal eintritt.

Der Umstand, daß bei Anwendung der Feuerbrücke der Effectverlust im Ganzen, vorzugsweise aber in der ersten und zweiten Section, viel beträchtlicher ist, als ohne Anwendung derselben, deutet indessen darauf hin, daß, wie schon angegeben, die Hauptquelle des Wärmeverlustes der von vorne herein unzersetzt bleibende Wasserdampf ist. Dadurch, daß derselbe über der Feuerbrücke durch die enge Oeffnung unter die Pfanne treten muß, wird er sich unter stärkerem Drucke viel inniger mit den Gasen mischen und diesen mehr Wärme entziehen, als in dem Falle, wo er, ohne aufgehalten zu sein, mit denselben durch den weiten Feuerzug nach dem Schornstein entweicht.

Im Uebrigen mag noch erwähnt werden, daß die Praxis selbst Beläge dafür darbietet, daß durch den Rost eingeführter Wasserdampf nicht eine Vermehrung, sondern nur eine Vertheilung des Heizeffects im Innern der Feuerungen herbeiführt. In Gasanstalten, deren Retorten mit Koks geheizt werden, pflegt man stets in dem Aschenfall Wassergefäße aufzustellen, um die Roststäbe und die Wandungen des Feuerraums vor dem Ausbrennen zu schützen und eine längere Flamme zu erzielen, welche die oberen Retorten noch zu umspielen vermag. Dieser Zweck wird in den meisten Fällen vollständig erreicht. Daß dies der Fall ist, verificirt die Resultate der angestellten Versuche und erklart zugleich, warum von Praktikern, vorzugsweise von Gastechnikern, die Behauptung aufgestellt wird, daß die Einführung des Wasserdampfs nicht allein den Rost und die Ofenwandungen sichere, sondern auch den Effect erhöhe. Diese Vermehrung des Wärmeeffects ist zwar nicht vorhanden, aber durch die erzielte längere Flamme werden die oberen Retorten besser erhitzt, und durch diese dem Zwecke entsprechende Vertheilung der Wärme im Ganzen günstigere Resultate herbeigeführt.

Brieg, den 24. Mai 1864.

# Ueber die Garrett'sche Steuerung.

Von

J. Bauschinger, Lehrer an der Königl. Gewerbschule in Fürth bei Nürnberg.

(Hierzu Tafel 26.)

## I. Beschreibung der Steuerung.*)

Die Figur 1, Taf. 26, giebt ein Bild der in dem Folgenden zu behandelnden Steuerung, wie sie zuerst von Garrett jun. auf den Leiston Works bei Sarmundham angegeben wurde. Der Schieberkasten ist durch eine Scheidewand in zwei Kammern K und K' getheilt. Der Dampf gelangt aus dem Kessel zuerst in die äußere Kammer K'. Der in derselben befindliche Schieber A bleibt während des normalen Ganges der Maschine in der gezeichneten Stellung ruhig stehen, die Oeffnung k'' in der Scheidewand fortwährend offen, die v dagegen stets geschlossen haltend. Durch die Oeffnung k'' gelangt der Dampf aus der Kammer K' in die innere K; aus letzterer wird er mittelst eines gewöhnlichen Vertheilungsschiebers S bald auf die eine, bald auf die andere Seite des Cylinders vertheilt. In der Kammer K befindet sich außerdem noch der mit einer Oeffnung k', welche der k'' in der Scheidewand entspricht, versehene Schieber E in Form einer einfachen Platte, dessen Bahn die der Kammer K zugekehrte Fläche der Scheidewand bildet. Er muß natürlich durch Federn an diese seine Bahn angedrückt werden. Dieser Schieber bringt durch Verschließen der Oeffnung k'' in der Scheidewand die Expansion hervor, und wir werden ihn deshalb Expansionsschieber nennen. Er wird nämlich beim Hin- und Hergang des Vertheilungsschiebers zeitweise von den an beiden Enden desselben angebrachten Nasen r und r' gepackt und stückweise von denselben mitgenommen, natürlich stets bis zum Ende des Hubes des Vertheilungsschiebers.

Es leuchtet sofort ein, daß durch zeitigeres Anstoßen der Nasen des Hauptschiebers an den Expansionsschieber der Verschluß der Oeffnung k'' in der Scheidewand früher erfolgen und dadurch ein höherer Expansionsgrad erzielt werden kann. Je näher folglich die Nasen des Hauptschiebers sich stehen, je geringer überhaupt der Spielraum zwischen ihnen und den Enden oder, im Allgemeinen, den Anstoßkanten des Expansionsschiebers wird, desto größer wird die Expansion, und die größtmöglichste findet offenbar dann statt, wenn jener Spielraum Null, wenn folglich die Entfernung der Nasen des Vertheilungsschiebers gleich der der Anstoßkanten des Expansionsschiebers wird und der Hauptschieber den Expansionsschieber fortwährend mitnimmt. — Andererseits ist klar, daß, wenn der Vertheilungsschieber so spät anstößt, daß während seines Hingangs die Oeffnung an der Scheidewand nicht mehr geschlossen wird, dieser Verschluß während seines Rückgangs auch nicht erfolgt. Der niedrigste Expansionsgrad, welcher zu erreichen ist, ist also der, wo die Oeffnung k'' in der Scheidewand eben noch geschlossen wird, wenn der Hauptschieber an seinem todten Punkte angekommen ist; er ist folglich nie kleiner als 2, sondern in dem Falle, wo der Hauptschieber äußere Deckung und daher Voreilung hat, allemal darüber. Bei noch größerem Spielraum zwischen den Nasen des Haupt- und den Anstoßkanten des Expansionsschiebers erfolgt der Anstoß noch später, als eben besprochen, und die Oeffnung k'' wird gar nicht mehr geschlossen, sondern höchstens abwechselnd verengt und wieder erweitert. Da eine solche Dampfvertheilung jedoch nur schädlich wirken kann, so thut man gut, in diesem Falle, für ganze Füllung, den Expansionsschieber gar nicht mehr bewegen, sondern ihn ruhig in der Stellung zu lassen, wo die Oeffnung k'' fortwährend ganz offen bleibt. Es ist leicht einzusehen, daß zu diesem Behufe der Spielraum zwischen den Nasen des Haupt- und den Anstoßkanten des Expansionsschiebers mindestens gleich dem Hub des Hauptschiebers, also gleich der doppelten Excentricität des denselben führenden Excenters sein muß. Ein größerer Spielraum ist aber auch nicht rathsam, weil sonst der Expansionsschieber zufälligen Verschiebungen ausgesetzt wäre, und dadurch die Oeffnung k'' theilweise verschlossen werden könnte. Wenn dagegen jenes Minimum des Spielraumes für ganze Füllung zugleich als Maximum genommen

*) London Journal of Arts, April 1855, p. 213; Polytechnisches Centralblatt, 1855, S. 735; Schmidt, Fortschritte in der Construktion der Dampfmaschine in den Jahren 1854—57, S. 185.

wird, so werden, der Symmetrie auf beiden Seiten des Cylinders halber, die Oeffnung k'' in der Scheidewand und die k' im Expansionsschieber offenbar eine der in den Figuren 2 bis 4, Taf. 26 gezeichneten Lagen gegeneinander einnehmen und fortwährend beibehalten müssen, je nachdem die Oeffnung k'' in der Scheidewand eben so groß oder kleiner oder größer als die k' im Expansionsschieber ist. Welcher von diesen drei Fällen für die Praxis der vortheilhafteste ist, werden die nachfolgenden Untersuchungen zeigen, vorläufig setzen wir allgemein k'' verschieden von k' voraus.

Die Veränderung des Spielraumes zwischen den Nasen des Haupt- und den Anstoßkanten des Expansionsschiebers, bezüglich der Verstellung jener Nasen, erreicht Garrett, ähnlich wie bei der Meier'schen Zweischiebersteuerung, durch eine Stange, welche mit einem links- und einem rechtsgängigen Schraubengewinde durch jene Nasen gesteckt ist. Diese Stange geht durch die Wand des Schieberkastens dampfdicht hindurch und kann außen durch Hand gedreht werden. Es ist klar, daß ebenso gut und auf dieselbe Weise auch die Entfernung der Anstoßkanten des Expansionsschiebers verändert werden könnte.

Wenn die Maschine zufällig bei einer solchen Stellung in Ruhe gekommen ist, wo der Expansionsschieber die Oeffnung k'' verschlossen hält, so kann beim nächsten Anlauf der Maschine zuerst gar kein Dampf in die Kammer K und dadurch wird natürlich das Ingangsetzen derselben sehr erschwert. Um es zu erleichtern, bringt Garrett den Hilfsschieber A (Fig. 1, Taf. 26) in der Vorkammer K' an; derselbe wird beim Anlaufen der Maschine so weit zurückgeschoben, daß die zweite Oeffnung v in der Scheidewand frei wird, während die Oeffnung k'' vom Schieber A ebenfalls noch unbedeckt bleibt. Da der Expansionsschieber mit der Oeffnung v gar nicht in Berührung kommt, so strömt jetzt jedenfalls Dampf in die Kammer K. Beim normalen Gang der Maschine, wenn mit Expansion gearbeitet werden soll, muß natürlich v wieder geschlossen werden. Wird, nach Garrett's Vorschlag, der Schieber A mit dem Regulator in Verbindung gesetzt, so kann die Oeffnung k'' nach Bedürfniß abwechselnd verengt oder erweitert und dadurch der Dampfzufluß regulirt werden.

Nach den vorhergehenden Auseinandersetzungen läßt sich schon jetzt unschwer einsehen, daß die Dampfvertheilung bei der Garrett'schen Steuerung ganz ähnlich der durch Schleppschieber*) hervorgebrachten ist. In der That wird die folgende nähere Untersuchung zeigen, daß die Curven, welche man erhält, wenn man die Kolbenwege als Abscissen und die zugehörigen Dampfwegeröffnungen als Ordinaten aufträgt (vergl. die Figuren 1b — 1d u. 2b — 2d auf Taf. 17 und die Figuren 1b — 1d auf Taf. 18 d. B.), bei beiden Steuerungen ganz identisch sind. Daraus schließen wir sofort, daß die Garrett'sche Steuerung mit den Schleppschiebersteuerungen den Uebelstand gemein hat, daß die Dampfwege vor Beginn der Expansion nur sehr langsam geschlossen werden, und daher der Dampf vorher eine bedeutende Drosselung erfährt (vergl. S. 330 d. B.). Wir haben in der erwähnten Arbeit über die Schleppschiebersteuerungen bereits darauf hingewiesen (vergl. S. 331 d. B.), daß bei denselben dieser Uebelstand dadurch gemildert werden kann, daß man mehr Oeffnungen jederseits im Haupt- und Expansionsschieber anbringt. Ganz das Gleiche gilt für die Garrett'sche Steuerung, wenn man die Zahl der Oeffnungen k'' in der Scheidewand und dem entsprechend auch die der Oeffnungen k' im Expansionsschieber vermehrt. Ja, es hat in dieser Beziehung die letztgenannte Steuerung vor den Schleppschiebersteuerungen den Vorzug voraus, daß man in der Wahl der Anzahl der Oeffnungen weit weniger beschränkt ist. Bei letzteren wird man, ohne den Schieber gar zu sehr zu verlängern, über zwei Oeffnungen jederseits nicht wohl hinausgehen können. Bei ersteren dagegen hat man, wenn man keine Rücksicht auf die Hilfsöffnung v nimmt, welche, wie sogleich gezeigt werden soll, leicht überflüssig gemacht werden kann, die ganze Scheidewand zur Verfügung. Nun kann, wie sehr leicht zu sehen, die innere Länge MM' (Fig. 5, Taf. 26) des Schieberkastens schon des Vertheilungsschiebers wegen nicht viel kleiner als 8e, mit e die Excentricität des den Vertheilungsschieber führenden Excenters bezeichnet, genommen werden. Aus den folgenden Untersuchungen wird hervorgehen, daß im Falle mehrerer Oeffnungen in der Scheidewand die Breite einer jeden nicht größer als die Hälfte der Breite der in den Cylinder führenden Dampfwege, jedenfalls also nicht größer als $\frac{1}{2}$e, zu sein braucht; dieselbe Breite können die Oeffnungen k' in dem Expansionsschieber erhalten. Der Zwischenraum zwischen zwei Oeffnungen in der Scheidewand sowohl, wie im Expansionsschieber braucht, wie leicht zu sehen, niemals größer als e zu sein. Zu den Seiten der ersten und letzten Oeffnung in der Scheidewand ist dann offenbar ein Zwischenraum z = 2e (Fig. 5, Taf. 26) erforderlich (e für den äußersten Lappen des Expansionsschiebers und nochmals e für die Bewegung desselben). Für x Oeffnungen in der Scheidewand braucht man daher eine Länge

$$4e + \frac{1}{2}ex + e(x-1) = 3e + \frac{3}{2}ex$$

derselben. Setzt man also

$$3e + \frac{3}{2}ex = 8e,$$

*) S. meine vorige Abhandlung: „Ueber die Steuerungen mit Schleppschiebern," S. 295—336 dieses Bandes. Da ich diese Arbeit, mit welcher die gegenwärtige im engsten Zusammenhange steht, noch öfters zu citiren haben werde, so soll dies der Kürze halber immer nur durch Angabe der Seitenzahl im Texte geschehen.

so folgt für x die ganze Zahl 3, als diejenige Anzahl von Oeffnungen, die man wählen kann, ohne den Schieberkasten über sein ohnedies nothwendiges Maaß zu vergrößern. Es steht aber meistens nicht viel im Wege, den Schieberkasten, wenigstens oben, länger zu machen. Jede Verlängerung um $\frac{3}{2}$e giebt eine Oeffnung mehr. Dazu kommt, daß, wie sich später zeigen wird, die Zwischenräume oder Stege zwischen den Oeffnungen meistens um ein gut Stück schmäler als e genommen werden dürfen.

Von welch' bedeutendem Einfluß aber eine solche Vermehrung der Oeffnungen ist, zeigt ein Blick auf die Figuren 15 bis 20, Taf. 26. In denselben sind wieder für die Kolbenwege, als Abscissen, die zugehörigen Dampfwegeröffnungen als Ordinaten aufgetragen, und gilt die erste dieser Figuren für eine, die zweite für 2, die dritte für 3 u. s. w., die sechste für 6 Oeffnungen in der Scheidewand. Sie sind sämmtlich unter der Annahme gezeichnet, daß die Breite k (Fig. 5, Taf. 26) der in den Cylinder führenden Dampfwege gleich 20 Millimeter, die äußere Deckung a den 3ten Theil hiervon, also $6\frac{2}{3}$ Millimeter, und daher, bei der inneren Deckung Null, die Excentricität $26\frac{2}{3}$ Millimeter betrage. Die Voreinströmung wurde zu 1 Millimeter angenommen und der ganze Kolbenweg gleich 100 Millimeter gesetzt. Der Kolbenweg KN (Fig. 15—20, Taf. 26) während der Füllung ist in allen 6 Fällen gleich 36 Millimeter, sodaß der Expansionsgrad nicht ganz 3 ist. Es ist dies der niedrigste, welcher bei den angegebenen Dimensionen erzielt werden kann, und, wie bei den Schleppschiebersteuerungen schon zu ersehen ist (vergl. Fig. 1b—1d, Fig. 2b—2d, Taf. 17, sowie Fig. 1b—1d, Taf. 18 d. B.), zugleich der für die Einströmung ungünstigste. — Die Construction der in Rede stehenden 6 Figuren wird aus den folgenden Untersuchungen von selbst klar werden. Sie zeigen aber sehr deutlich, wie der Verschluß der Dampfwege immer rascher vor sich geht, je mehr Oeffnungen man nimmt.

Im Gegensatz zu dem eben erwähnten Vorzug der Garrett'schen Steuerung vor den Schleppschiebersteuerungen hat sie gegen einige Arten der letzteren den Nachtheil, daß die Expansion wohl kaum selbstthätig durch den Regulator verstellbar gemacht werden kann, wenigstens nicht bei der Anordnung, wie sie oben nach Garrett's Vorschlag angegeben wurde. Freilich ist, wie wir glauben, diese Anordnung mancher Verbesserung fähig. So ist es sicherlich von Vortheil, an dem Expansionsschieber ebenfalls eine Stange, die dampfdicht durch die Wand des Schieberkastens hindurchgeht, anzubringen, und die Nasen des Vertheilungsschiebers sowohl, wie die Anstoßkanten des Expansionsschiebers außerhalb des Schieberkastens an die Stangen der betreffenden Schieber zu legen. Wenn dann die Anstoßkanten des Expansionsschiebers entweder, oder die des Vertheilungsschiebers durch einen drehbaren Daumen, ähnlich dem bei den Schleppschiebern, gebildet würden, so könnte durch Verstellen dieses Daumens offenbar sehr einfach die Expansion verändert werden.

In Fig. 5, Taf. 26 haben wir folgende Anordnung gewählt. Auf die Stange des Vertheilungsschiebers ist eine Hülse H aufgeschoben und durch Keil und Stellschraube vor Verdrehung und Verschiebung gesichert. Diese Hülse trägt einen kleinen Ständer, in welchen die Axe des verstellbaren Daumens D eingelassen ist. Die Stange des Expansionsschiebers trägt zwei Nasen N und N', die in unveränderter Lage bleiben. Gegen die Kanten r und r' dieser Nasen stoßen, bei passender Stellung des Daumens D, die Anstoßkanten u und u' des letzteren und nehmen dadurch den Expansionsschieber stückweise mit. In der Figur ist vorausgesetzt, daß Vertheilungs- und Expansionsschieber in ihrer mittleren Lage stehen, und daß der Daumen so gestellt ist, daß er gerade nur an den Enden des Hubs an die Nasen N und N' anstößt. Zu diesem Behufe muß der Spielraum zwischen r und u sowohl, wie zwischen r' und u' gleich der Excentricität des den Vertheilungsschieber führenden Excenters sein (gleich ig oder i'g'). Der Expansionsschieber bleibt dann offenbar unverrückt in der gezeichneten Lage stehen, die Maschine arbeitet mit ganzer Füllung. Die Verstellung des Daumens kann mittelst eines Hebels bewerkstelligt werden, der in seiner mittleren Lage senkrecht gegen die Schieberstangen steht, und auf irgend eine Weise in bestimmter Richtung festgestellt wird. Seine Bewegung umfaßt offenbar nur einen Quadranten.

Mit der eben beschriebenen Anordnung haben wir übrigens nur ein Beispiel aufstellen wollen. Es können sicherlich noch eine Menge anderer Einrichtungen getroffen werden, deren Auffindung und Auswahl aber füglich dem praktischen Constructeur überlassen werden kann. So könnten vor Allem natürlich der verstellbare Daumen D auch an der Stange des Expansionsschiebers und die Nasen N und N' an der des Hauptschiebers angebracht sein. Einer selbstthätigen Verstellung des Daumens durch den Regulator der Maschine ist freilich in dem einen wie in dem andern Fall die hin- und hergehende Bewegung desselben mit der Schieberstange, an welcher er befestigt ist, hinderlich. Doch zweifle ich nicht, daß es einem praktischen Ingenieur, wenn es ihm nur darum zu thun ist, leicht gelingen wird, einen einfachen Mechanismus zu erdenken, mittelst welchem es möglich wird, auch bei der Garrett'schen Steuerung die Expansion selbstthätig von der Maschine verstellbar zu machen.

Um aber allen möglichen Abänderungen, die hier getroffen werden können, Rechnung zu tragen, werden wir in der Folge immer blos von dem Spielraum zwischen den Nasen des Haupt- und den Anstoßkanten des Expansionsschiebers, oder den Nasen des Expansions- und den

Anstoßkanten des Hauptschiebers sprechen und ihn der Kürze halber mit „Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber" bezeichnen. Wie aus den Aenderungen dieses Spielraumes entsprechend die Aenderungen der Stellungen der Nasen oder Anstoßkanten oder die Formen der Daumen abzuleiten sind, ergiebt sich so außerordentlich einfach, daß es wohl nicht nothwendig ist, uns darauf besonders einzulassen.

Bei der in Fig. 5, Taf. 26 abgebildeten Steuerung wurden 4 Oeffnungen in der Scheidewand und eben so viele und eben so breite im Expansionsschieber E angenommen. Der Hilfsschieber A (Fig 1, Taf. 26) und die Oeffnung v der ursprünglichen Einrichtung von Garrett wurden weggelassen und dafür der Expansionsschieber in die Vorkammer K' verlegt. Es ist leicht, diese Abänderungen zu rechtfertigen. Wenn der Stillstand der Maschine zufällig bei einer solchen Stellung des Expansionsschiebers stattgefunden hätte, wo er die Canäle in der Scheidewand vollständig verschließt, so ist ihm bei dem darauffolgenden Anlauf mittelst seiner Stange leicht die Stellung zu geben, wo er Dampf einläßt; und wenn die Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber eine, für den normalen Gang der Maschine ausreichende Größe haben, wie es ja sein muß, so genügen sie sicherlich auch für den Anlauf. Uebrigens ist in dem Falle, wo die Expansion etwa vom Regulator aus selbstthätig verstellbar ist, eine dem Anlauf vorhergehende Verstellung des Expansionsschiebers überhaupt nicht nöthig. Derselbe erhält beim Auslauf der Maschine schon von selbst die Stellung, wie sie für den Anlauf am günstigsten ist. — Bei der Verlegung des Expansionsschiebers in die Vorkammer wurden wir durch folgende Gründe geleitet. Während der Expansion herrscht in der innern Dampfkammer K ein geringerer Druck als in der äußeren. Bei der Garrett'schen Anordnung wird folglich während dieser Periode der Expansionsschieber theilweise von seiner Bahn abgedrückt, und wenn die Federn, die ihn gegen dieselbe andrücken, mit der Zeit schwächer werden, so leidet möglicherweise der dampfdichte Verschluß dieses Schiebers. Bei der in Fig. 5, Taf. 26 getroffenen Anordnung wird der Expansionsschieber gerade während der Expansionsperiode am stärksten gegen seine Bahn angedrückt. Ob dieser Druck die Federn ganz entbehrlich macht, kann natürlich nur die Erfahrung entscheiden.

In Bezug auf die Fig. 5, Taf. 26 kann endlich noch dasselbe gesagt werden, wie von den Figuren 1—3, Taf. 17, und 1 Taf. 18 bei den Schleppschiebersteuerungen: sie kann hinsichtlich der für die Dampfvertheilung maaßgebenden Dimensionen, auf die es uns allein hier ankommt, als Typus für die in Rede stehende Steuerung mit 4 Oeffnungen in der Scheidewand betrachtet werden. Der Maaßstab, in welchem sie gezeichnet ist, ist ein willkürlicher und daher ganz weggelassen worden, was um so eher geschehen konnte, weil wir alle für die Dampfvertheilung wichtigen Dimensionen auf die für genügende Dampfeinströmung nothwendige Breite der Dampfwege beziehen und die betreffenden Verhältnißzahlen sogleich angeben werden. Zuvor aber ist nur noch zu erwähnen, daß die Rechtfertigung dieser Zahlen eben die nachfolgenden Untersuchungen zum Hauptzweck haben, und daß dabei folgende Gesichtspunkte leitend gewesen sind:

1) daß die Maschine auch mit ganzer Füllung arbeiten können soll,

2) daß der höchste anzuwendende Expansionsgrad 20 nicht zu überschreiten braucht,

3) daß die Eröffnung der Ausströmung am todten Punkte, die Vorausströmung, nicht kleiner als $\frac{1}{3}$ der ganzen Oeffnung sei (vergl. S. 301 d. B.).

Die Breite k der unmittelbar in den Cylinder führenden Dampfwege fg, f'g' kann so genommen werden, wie es, bei gegebener Länge derselben, für einen genügend leichten Dampfdurchfluß erforderlich ist.

Die äußere Deckung des Hauptschiebers ist gleich dem dritten Theil jener Breite, d. h. $a = \frac{1}{3}k$ zu nehmen. Die innere Deckung nehmen wir gleich Null.

Dann wird die Excentricität des den Vertheilungsschieber führenden Excenters, $c = a + k = \frac{4}{3}k$.

Die Breite k'' jeder der Oeffnungen in der Scheidewand ist, gleiche Länge mit den unteren Dampfcanälen vorausgesetzt, gleich $\frac{1}{2}k$ zu nehmen. Dieselbe Breite sollen die Oeffnungen k' im Expansionsschieber erhalten. Eine kleinere Breite dieser Oeffnungen würde verursachen, daß, bei den niedrigsten Expansionsgraden wenigstens, die Oeffnungen in der Scheidewand später erst geöffnet würden als die Dampfcanäle unten; eine größere Breite derselben aber würde, ohne irgend etwas zu nützen, nur die Expansionsgrenzen einschränken.

Der Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber darf, wenn nicht nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder gelassen werden soll, nicht kleiner als $2d_2 = 2k' - 2a = k - \frac{2}{3}k = \frac{1}{3}k$ werden. Der diesem Minimalspielraum entsprechende höchstmöglichste Expansionsgrad ist, mit Vernachlässigung der Voreinströmung, gleich 55, und bei einer Voreinströmung von $\frac{1}{20}k$ erhebt er sich auf 75.

Je größer, von $\frac{1}{3}k$ an, der Spielraum wird, desto geringer wird die Expansion; der größte Spielraum, für welchen überhaupt noch Expansion stattfindet, ist $2d_1 =$

$2e-2k' = \frac{8}{3}k - k = \frac{5}{3}k$; dieser niedrigste Expansionsgrad selbst ist bei Vernachlässigung der Voreinströmung $= 2^2/_3$, mit dieser aber nahe an 3. Darüber hinaus findet nur noch abwechselnde Erweiterung und Verengerung der Oeffnungen in der Scheidewand statt, und man thut gut, sogleich auf den für ganze Füllung günstigsten Spielraum $2d_0 = 2e = \frac{8}{3}k$ überzuspringen, wo der Expansionsschieber unverrückt in der in Fig. 5, Taf. 26 gezeichneten Stellung verharrt.

Die Stegbreite zwischen den Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber ist im Minimum gleich $s = e - d_2 = \frac{4}{3}k - \frac{1}{6}k = \frac{7}{6}k$; es ist jedoch immerhin gut, sie etwas größer zu nehmen, um stets einen genügenden Verschluß der Oeffnungen $k'$ und $k''$ zu erhalten. Dieselbe Breite wie die Stege müssen die äußersten Lappen an beiden Enden des Expansionsschiebers erhalten. Die Zwischenräume z zwischen den äußeren Rändern der ersten und letzten Oeffnung in der Scheidewand und der Wand des Schieberkastens sind im Minimum doppelt so groß als die Stegbreite, also mindestens gleich $\frac{7}{3}k$ zu machen.

*Genau die nämlichen Dimensionen, wie so eben angegeben, sind auch dann noch anzuwenden, wenn weniger oder mehr als 4 Oeffnungen in der Scheidewand genommen werden, vorausgesetzt nur, daß ihre Zahl nicht kleiner als 2 wird.*

Bei nur *einer* Oeffnung in der Scheidewand aber würde die Breite $\frac{1}{2}k$ für dieselbe zu klein werden. Es muß vielmehr schon diese Oeffnung die volle, für den genügenden Dampfdurchfluß nöthige Breite, die wir nun mit b bezeichnen wollen, erhalten. Es sollte dann eigentlich $k = 2b$ gemacht werden. Um aber einen gar zu großen Excenterhub und eine übermäßige Länge des Schieberkastens zu umgehen, wird man sich mit einer geringeren Größe von k begnügen und lieber an den Expansionsgrenzen opfern müssen. Wenn man davon ausgeht, daß der Expansionsgrad 20 nicht überstiegen zu werden braucht, so erhält man für k den Minimalwerth 1,672 b. Rundet man denselben auf $k = \frac{7}{4}b$ ab, so erhebt sich jener größte Expansionsgrad, bei Vernachlässigung der Voreinströmung, auf 25 und, mit Einrechnung einer solchen von der Größe $\frac{1}{17}k$, auf 32. Demgemäß sind dann auch die übrigen Dimensionen zu ändern; wir stellen sie hier kurz noch zusammen:

Breite der Dampfcanäle unten, $k = \frac{7}{4}b$.

Aeußere Deckung, $a = \frac{1}{3}k = \frac{7}{12}b$; innere Deckung $= 0$.

Excentricität $e = a + k = \frac{7}{3}b$.

Breite der Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber, $k' = b$.

Minimalspielraum für die oben angegebenen höchsten Expansionsgrade 25, bez. 32 gleich

$$2d_2 = 2k' - 2a = \frac{5}{6}b.$$

Maximalspielraum für den möglichst niedrigen Expansionsgrad, $2d_1 = 2e - 2k' = \frac{8}{3}b$. Dieser Expansionsgrad selbst ist wieder $2^2/_3$ ohne, oder nahezu 3 mit jener Voreinströmung.

Spielraum für ganze Füllung $2d_0 = 2e = \frac{14}{3}b$.

Breite des Lappens zu beiden Seiten der Oeffnung im Expansionsschieber im Minimum gleich

$$s = e - d_2 = \frac{23}{12}b.$$

Zwischenräume zwischen den Rändern der Oeffnung in der Scheidewand und der Wand des Schieberkastens im Minimum doppelt so groß als jene Lappenbreite, also $z = \frac{23}{6}b$.

Für die in Fig. 5, Taf. 26 abgebildete Steuerung giebt Fig. 6 das später näher zu beschreibende vollständige Diagramm in natürlicher Größe für $k = 20$ Millimeter und unter der Annahme eines Kolbenhubes $KK' = 100$ Millimeter. Die Figuren 7, 8 und 9 derselben Tafel zeigen die Dampfwegeröffnungen als Ordinaten, auf die Kolbenwege als Abscissen aufgetragen, für die Expansionsgrade 20, 6 und 3 (den möglichst niedrigsten). Die Construction dieser Figuren wird ebenfalls später gezeigt werden.

## II. Diagramm der Steuerung und nächste Folgerungen daraus.

Es sei in Fig. 10, Taf. 26 *mocm'* das bekannte *Zeuner*'sche Diagramm für den Vertheilungsschieber und zwar, einen liegenden Cylinder vorausgesetzt, für die linke Seite des letzteren, wie wir denn uns überhaupt immer nur auf die Betrachtung der Vorgänge auf einer, also der linken, Cylinderseite beschränken werden. Es ist also in jener Figur $mo = om'$ gleich der Excentricität e des den Hauptschieber führenden Excenters; die über denselben, als ihren Durchmessern beschriebenen Kreise nennen wir Excenterkreise; es ist ferner $oc = a$ die äußere Deckung und $ci$ die Voreinströmung, also $oi_1K$ die Excenter- und Kurbelstellung für den Kolben am todten Punkte links, K. Der mit beliebigem Halbmesser um o über $KK'$ beschriebene Kreis heißt der Kurbelkreis (vergl. S. 309—311 d. B.).

Im Falle man sich unter dem beschriebenen Diagramm einmal die Bewegung der linken Einlaßkante i (Fig. 5, Taf. 26) und dann die der Auslaßkante g vorstellt, giebt es auf die bekannte Weise die Dampfvertheilung auf der linken Seite, wie sie der Hauptschieber hervorbringt. Das Diagramm kann aber für die Bewegung aller, mit dem Hauptschieber fest verbundenen Theile genommen werden, insbesondere also auch für die Anstoßkanten des Hauptschiebers, hier speciell für die linke, bez. untere r in Fig. 1, Taf. 26, oder für die rechte u des Daumens in Fig. 5, Taf. 26. In diesem Falle ist dann m (Fig. 10, Taf. 26) die äußerste linke Stellung dieser Anstoßkante des Hauptschiebers. Nehmen wir daher an, daß für irgend einen Expansionsgrad zwischen dem Haupt- und Expansionsschieber der Spielraum 2d vorhanden ist, und tragen wir diesen Spielraum von m aus nach rechts als mr auf mm' auf, so erhalten wir in r die äußerste Linksstellung der linken Anstoßkante des Expansionsschiebers bei der Anordnung in Fig. 1, Taf. 26, oder der rechten Anstoßkante r desselben Schiebers in Fig. 5, Taf. 26. Der Hauptschieber muß folglich auf seinem Wege von links nach rechts von seinem todten Punkte links aus den Weg mr (Fig. 10, Taf. 26) machen, und die Kurbel und das Excenter bis nach $or_1$ kommen, ehe der Expansionsschieber vom Hauptschieber wieder mitgenommen wird. Von diesem Augenblick an aber gilt das Diagramm auch für den Expansionsschieber. Die für den Dampfabschluß bei Beginn der Expansion wichtige Kante der Oeffnung (oder irgend einer der Oeffnungen, im Falle mehrere vorhanden sind, was zunächst gar keinen Unterschied macht) dieses Schiebers ist die linke. Wir betrachten daher das Diagramm von r an als der linken Kante der oder einer der Oeffnungen des Expansionsschiebers zugehörig. Im Moment des Anstoßes steht diese linke Kante in r, die rechte also um die Breite der Oeffnung, $k' = rs$, weiter nach rechts, in s.

Der Expansionsschieber, vom Hauptschieber einmal ergriffen, muß dessen ganzen übrigen Hub mitmachen. r kommt daher bis m' und s bis s' zu stehen, vorausgesetzt, daß $m's' = rs$ ist. Nun muß, der Symmetrie auf beiden Seiten des Cylinders halber, offenbar die rechte Kante der Oeffnung im Expansionsschieber in ihrer äußersten Linksstellung s ebenso weit vom Mittel der Oeffnung in der Scheidewand entfernt sein, als die linke Kante derselben Oeffnung im Expansionsschieber in ihrer äußersten Rechtsstellung m'. Jenes Mittel der Oeffnung in der Scheidewand ist folglich in die Mitte zwischen s und m', nach w zu legen, und macht man dann zu beiden Seiten von w die Entfernungen $wt = wu = \frac{1}{2} k''$, gleich der halben Breite der Oeffnung in der Scheidewand, so sind t und u bez. als die linken und rechten Ränder dieser Oeffnung zu betrachten.

Die Oeffnung in der Scheidewand wird aufgemacht, sobald die rechte Kante s der Oeffnung in dem Expansionsschieber mit der linken Kante t jener zusammentrifft. Wenn nämlich überhaupt vorher Expansion stattgefunden haben soll, so muß auf dem Linksgange der Schieber erstere Kante über letztere nach links hin hereingetreten sein (wie es in Fig. 10, Taf. 26 auch gezeichnet ist), oder auch, es muß beim Rechtsgange der Schieber die linke Kante der Oeffnung im Expansionsschieber über die rechte Kante der Oeffnung in der Scheidewand, und zwar um ebenso viel ($um' = ts$), hinausgehen. Je größer aber der Spielraum $mr = 2d$ wird, desto kleiner wird, bei gegebener Breite $k'$ und $k''$ der Oeffnungen, die Entfernung $st = um'$. Der niedrigste zu erreichende Expansionsgrad findet folglich statt für $st = um' = 0$; in diesem Falle ist dann aber schon $sm' = k''$, und, da $rs = k'$ ist, so wird das diesem Fall entsprechende Maximum des Spielraumes, für welches noch Expansion stattfindet, $2d_1 = 2e - (k' + k'')$. Das überhaupt zulässige Maximum des Spielraums für ganze Füllung ist nach bereits gepflogenen Erörterungen gleich $2d_0 = 2e$ zu nehmen. Das für Expansion noch statthafte Maximum ist folglich um die Summe der Breite der Oeffnungen im Expansionsschieber und der Scheidewand kleiner, $2d_1 = 2d_0 - (k' + k'')$. Für die zwischen $2d_1$ und $2d_0$ gelegenen Spielräume findet nur Verengung und Erweiterung der Dampfcanäle, keine Expansion mehr statt; sie sind folglich zu vermeiden. Wir fassen dies in folgenden Satz zusammen:

Satz I. Während für den größten Spielraum, der überhaupt zuzulassen ist,

$$2d_0 = 2e,$$

ganze Füllung bei ungeschmälerten Oeffnungen der Scheidewand und des Expansionsschiebers stattfindet, ohne daß zugleich der Expansionsschieber zufälligen Verschiebungen ausgesetzt ist, erhält man erst für den Spielraum

$$2d_1 = 2e - (k' + k'') = 2d_0 - (k' + k''),$$

der um die Summe der Breiten der Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber kleiner ist als jener, den niedrigsten Grad von Expansion, und er ist daher als „Maximalspielraum für Expansion" zu bezeichnen.

Wie schon gesagt, findet die Eröffnung des Canals in der Scheidewand statt, wenn die rechte Kante s der Oeffnung im Expansionsschieber mit der linken t der Oeffnung in der Scheidewand zusammentrifft. Die linke Kante jener ersteren Oeffnung steht dann um $k' = tp = rs$ weiter links, in p, und aus p erhält man auf die bekannte Weise die Kurbelstellung $op_1$. Der Zeitpunkt der in Rede stehenden Eröffnung ist aber zwei Beschränkungen unterworfen: 1) darf diese Eröffnung nicht später stattfinden als die

Eröffnung des unteren Dampfcanals durch den Hauptschieber, und 2) darf sie nicht früher erfolgen, als bis der Canal unten für die rechte Cylinderseite geschlossen ist, weil sonst auf dieser Seite nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder tritt.

Der untere Canal wird durch den Hauptschieber bei der Kurbelstellung $oc_1$ geöffnet; es darf folglich die Kurbelstellung $op_1$ nicht später als die $oc_1$ kommen, oder es darf der Punkt p nicht rechts von c fallen, was der Fall ist, wenn

$$pm' \geqq cm'$$

ist. Nun ist aber, wie leicht zu sehen,

$$pm' = k' + k'' + um'$$

und

$$cm' = e - a = k,$$

mit k die Breite des unteren Dampfcanals bezeichnet. Obiger Bedingung zufolge muß also:

$$k' + k'' + um' \geqq k$$

sein. Der kleinste Werth, den um' erhalten kann, wenn überhaupt noch Expansion, also ein Wiedereröffnen oben stattfinden soll, ist Null. Es muß also auch für diesen Fall

$$k' + k'' \geqq k$$

sein.

Satz II. Wenn selbst für den niedrigsten Expansionsgrad die Oeffnung oben in der Scheidewand nicht später geöffnet werden soll als die unten durch den Hauptschieber, so darf die Summe der Breiten eines Paares zusammengehöriger Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber (k'+k'') nicht kleiner als die Breite k der unteren Oeffnung, oder allgemeiner, nicht kleiner als e — a werden. Für jeden höheren Expansionsgrad wird dann um so sicherer oben eher geöffnet als unten.

Der Schluß des rechtsseitigen Dampfcanals findet bei der Kolbenstellung $o\gamma_1$ statt, die man erhält, wenn man $o\gamma = oc =$ der äußeren Deckung a macht. Es muß folglich obiger zweiten Bedingung zufolge die Kurbelstellung $op_1$ stets auf die $o\gamma_1$ folgen, d. h. es muß der Punkt p stets rechts von $\gamma$ liegen und daher

$$pm' \leqq \gamma m'$$

sein. Nun ist aber wieder

$$pm' = k' + k'' + um'$$

und

$$\gamma m' = e + a,$$

es muß daher stets

$$k' + k'' + um' \leqq e + a$$

sein. Je kleiner aber für höhere Expansionsgrade der Spielraum $mr = 2d$ wird, desto größer wird um'; im Allgemeinen besteht folgende Relation zwischen um' und d. Es ist, wie leicht zu sehen,

$$um' = \frac{1}{2} sm' - \frac{1}{2} k''$$

und

$$sm' = 2e - 2d - k',$$

folglich wiederum

$$um' = e - d - \frac{1}{2}(k' + k'').$$

Dieser Werth, in obige Bedingung substituirt, giebt

$$d \geqq \frac{1}{2}(k' + k'') - a,$$

oder

$$2d \geqq (k' + k'') - 2a.$$

Hieraus folgt also:

Satz III. Wenn verhütet werden soll, daß nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder strömt, so darf der Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber das Minimum

$$2d_2 = (k' + k'') - 2a$$

nicht unterschreiten. Der diesem Minimum entsprechende Expansionsgrad ist daher der höchste, welcher noch zulässig ist.

Der kleinste Werth, den k' + k'' nach dem Satz II noch annehmen kann, ist aber e — a. Der kleinste Werth, den folglich das Minimum $2d_2$ des Spielraums erreichen kann, ist nach dem letzten Satz gleich e — 3a. Man sieht, dies ist stets größer als Null, so lange a kleiner als $\frac{1}{3}$e ist, was in der Praxis, wo man mit a nicht leicht über $\frac{1}{3}$k oder $\frac{1}{4}$e hinausgeht, fast immer vorkommt. Man muß also bei der Einrichtung einer der in Rede stehenden Steuerungen fast immer dafür Sorge tragen, daß der Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber ein gewisses Minimum gar nicht unterschreiten kann, und darauf bei der Construction der Nasen oder Daumen, an welchen die Anstöße erfolgen, Bedacht nehmen. Im Falle einer Einrichtung wie in Fig. 5, Taf. 26, darf eben die größte Länge des Daumens D ein durch jenen Minimalspielraum vorgeschriebenes, leicht zu ermittelndes Maaß nicht überschreiten.

Fassen wir nun die bisher entwickelten drei Sätze im Zusammenhange in's Auge, so ergiebt sich noch folgende Schlußfolgerung: Wenn man für k' + k'' seinen kleinsten zulässigen Werth, nämlich e — a (Satz II) nimmt, so ist das Minimum, welches der Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber nicht unterscheiden darf, ebenfalls am kleinsten, nämlich e — 3a. Nimmt man aber k' + k',

größer, so wird jenes Minimum für den Spielraum ebenfalls größer, nämlich $(k'+k'')-2a$ (Satz III). Aber der Spielraum darf auch nicht größer als $2e-(k'+k'')$ werden, wenn man überhaupt noch Expansion erhalten will (Satz I). Es darf daher $k'+k''$ nie so groß werden, daß schon

$$(k'+k'')-2a > 2e-(k'+k'')$$

würde, d. h. es muß

$$k'+k'' \leqq e+a$$

bleiben. Hält man dies mit dem Satz II zusammen, so folgt:

Satz IV. Die Summe der Breiten eines Paares zusammengehöriger Oeffnungen im Expansionsschieber und der Scheidewand $(k'+k'')$ muß immer zwischen den Grenzen $e-a$ und $e+a$ liegen. Je näher diese Summe ihrer unteren Grenze kommt, desto kleiner wird der Minimalspielraum $2d_2=(k'+k'')-2a$, und desto größer der Maximalspielraum für Expansion $2d_1 = 2e-(k'+k'')$, desto weiter also die Grenzen der Expansion, und umgekehrt.

Es ist folglich vortheilhaft, $k'+k''$ so klein als möglich zu machen, eine Lehre, die wir später bei der Bestimmung der Dimensionen sehr zu berücksichtigen haben werden.

Der Schluß der Oeffnung in der Scheidewand und also der Beginn der Expansion findet statt, wenn die linke Kante der Oeffnung im Expansionsschieber mit der rechten der Oeffnung in der Scheidewand zusammentrifft, wenn r nach u, und daher das Excenter und die Kurbel nach $ou_1U_1$, der Kolben nach U gekommen sind. Die Größe der Expansion selbst ist $\frac{KK'}{KU}$. Hieraus folgt also die Regel:

Um für einen gegebenen Spielraum 2d den zugehörigen Expansionsgrad zu finden, trägt man diesen Spielraum von m (Fig. 10, Taf. 26) aus nach rechts auf mm' auf, als mr z. B., macht dann $rs=k'=$ der Breite der Oeffnung im Expansionsschieber, halbirt sm' in w und trägt $wt=wu=\frac{1}{2}k''=$ der halben Breite der Oeffnung in der Scheidewand auf. Aus u findet sich dann mittelst des Kreisbogens $uu_1$ um o die Kurbelstellung $ou_1U_1$ und hieraus wieder die Kolbenstellung U und der Expansionsgrad $\frac{KK'}{KU}$.

Wenn umgekehrt der für einen gegebenen Expansionsgrad n erforderliche Spielraum zwischen Haupt- und Expansionsschieber gesucht wird, so macht man $KU=\frac{KK'}{n}$ und findet dann aus dem Punkte U auf die bekannte Weise die Excenter- und Kurbelstellung $ou_1U_1$, sowie den Punkt u. Hierauf trägt man von u aus die Breite k'' der Oeffnung in der Scheidewand als ut auf mm' auf, macht ferner nach derselben Seite hin $ts=um'$ und endlich $sr=k'$ = der Breite der Oeffnung in der Scheidewand. Die Entfernung ms ist dann der gesuchte Spielraum. Einfacher noch erhält man den Punkt r und damit den Spielraum mr, wenn man von m' die Summe $k'+k''$ der Breite eines Paars zusammengehöriger Oeffnungen im Expansionsschieber und der Scheidewand nach rechts hin als m'x aufträgt und dann $ur=ux$ macht. Dies letztere Verfahren ist besonders dann zu empfehlen, wenn man für mehrere Expansionsgrade nacheinander die Spielräume zu suchen hat, da für alle diese m'x und daher der Punkt x unverändert bleibt.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich auch, daß, wenn überhaupt noch Expansion stattfinden soll, der Punkt u links von m' fallen muß; der niedrigste Expansionsgrad ist der, wo u auf m' zu liegen kommt. Dem entspricht dann nach der vorhergehenden Constructionsart $m't=k''$ und $2d = 2e-(k'+k'')$, wie wir oben schon gefunden haben.

Um aber das Minimum der Expansion selbst, welches für den Maximalspielraum $2d_1=2e-(k'+k'')$ stattfindet, zu erhalten, darf man nur von dem Durchschnittspunkte $N_1$ des verlängerten Schieberspiegels mm' mit dem Kurbelkreis auf die Cylinderaxe KK' eine Senkrechte $N_1N$ fällen; $\frac{KK'}{KN}$ ist dann der gesuchte niedrigste Expansionsgrad; er hängt, wie leicht zu sehen, lediglich von der äußeren Deckung und Voreinströmung, oder vielmehr von dem Verhältniß derselben zur Excentricität ab. Es wird, wie eine einfache Construction oder leichte Rechnung zeigt (vergl. S. 316 d. B.),

für die Summe der äußeren Deckung und Voreinströmung:

$$oi = \frac{1}{2}e,\quad \frac{2}{5}e,\quad \frac{1}{3}e,\quad \frac{1}{4}e,\quad \frac{1}{5}e$$

der geringste Expansionsgrad:

$$= 4 \quad 3^1/_3 \quad 3 \quad 2^2/_3 \quad 2^1/_2.$$

Bei irgend einem, durch den Spielraum mr bedingten Expansionsgrad findet sich für irgend eine Kolbenstellung Q und Kurbelstellung $oq_1Q_1$, die vor U, bez. $ou_1U_1$ gelegen ist, die Canaleröffnung unten, am Hauptschieber, als der zwischen dem Deckungs- und Excenterkreis gelegene Abschnitt $yq_1$ jener Kurbelstellung, und die Canaleröffnung oben, in der Scheidewand, als der Abschnitt $q_1v$ derselben Kurbelstellung, welcher zwischen dem Excenter- und dem um o mit dem Halbmesser ou beschriebenen, sogenannten Expansionskreis liegt. Dabei ist natürlich vorauszusetzen, daß letztere nie größer als die kleinere der Oeffnungen k' oder k'' genommen werden darf.

Das Maximum der Eröffnung findet statt, wenn die untere gleich der oben in der Scheidewand gewordenen ist, letztere einfach, doppelt, dreifach ꝛc. gerechnet, je nachdem eine, zwei, drei ꝛc. Oeffnungen in der Scheidewand vorhanden sind. Die der Maximalöffnung zugehörige Kurbel- und Kolbenstellung erhält man folglich offenbar, wenn man einen Punkt q zwischen u und c so bestimmt, daß man, je nachdem

1, 2, 3, 4 ꝛc. Oeffnungen in der Scheidewand vorhanden sind, die Entfernung uq bezüglich gleich

$^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ ꝛc. von uc macht und aus dem so gefundenen Punkt q die Kurbelstellung $oq_1Q_1$ und die Kolbenstellung Q auf die bekannte Weise construirt. Die Maximaleröffnung selbst ist dann offenbar stets gleich cq oder

$^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$, $^4/_5$ ꝛc. von cu oder auch das

1, 2, 3, 4 ꝛc. fache von qu. Die größte Maximaleröffnung findet sich bei dem niedrigsten Expansionsgrade und ist bezüglich gleich

$^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$, $^4/_5$ ꝛc. von $cm' = (e-a) = k$. Wenn daher der Dampfzufluß bei der mit Expansion arbeitenden Maschine nicht beeinträchtigt werden soll, so darf die Breite der kleineren der beiden Oeffnungen k' und k'' die Werthe

$^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ ꝛc. von k, der Breite des unteren Dampfcanals, nicht unterschreiten, was in der Praxis ohnedies stets erfüllt ist, da man nur selten darauf verzichten wird, die Maschine, wenigstens in Nothfällen, auch mit ganzer Füllung arbeiten lassen zu können. Dann hat nämlich die kleinere der Oeffnungen k' oder k'' jedenfalls eine solche Breite zu erhalten, welche dem Dampfe genügenden Durchlaß bei ganzer Füllung gestattet, und diese reicht dann auch bei Expansion aus.

Während es, wie oben gezeigt, bei dem niedrigsten Expansionsgrade blos auf das Verhältniß der Summe der äußeren Deckung und Voreinströmung zur Excentricität ankommt, hängt jeder höhere Expansionsgrad auf's Innigste mit dem Spielraume 2d zusammen und wird um so größer, je kleiner von seinem Maximum $2e-(k'+k'')$ an, jener Spielraum wird, bis er endlich sein noch zuläßiges Minimum $(k'+k'')-2a$, oder, beim kleinmöglichsten Werth $e-a$ von $k'+k''$, den Werth $e-3a$ erreicht hat. Das absolut höchste Maximum der Expansion (unendlich, bei der Füllung Null), wo der Canal in der Scheidewand schon geschlossen würde, wenn sich der untere eben erst öffnete, würde erreicht, wenn der Punkt u auf c fallen könnte. Aus dieser Lage von u erhielte man aber für den zugehörigen Spielraum 2d nach der oben angegebenen Regel:

$$2d = 2e-(e-a)-k''-(e-a)-k' = 2a-(k'+k'').$$

Nun haben wir oben gefunden, daß der kleinste Werth, den der Spielraum erhalten darf, wenn nicht nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder strömen soll, gleich $(k'+k'')-2a$ ist. Es kommt also wesentlich darauf an, ob $k'+k''$ größer oder kleiner als 2a ist. Ist $k'+k'' < 2a$, so ist gar nie zu befürchten, daß nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder strömt, selbst wenn man mit dem Spielraum bis auf Null herabgeht. Es findet vielmehr schon bei dem Spielraume $2a-(k'+k'')$ vollständiger Dampfabschluß statt, d. h. der Canal in der Scheidewand wird schon geschlossen, wenn sich der untere eben erst öffnet. Für $k'+k'' = 2a$ giebt der Spielraum Null eben noch den absolut höchsten Expansionsgrad bei der Füllung Null. Ist aber $k'+k'' > 2a$, so ist das absolut höchste Maximum der Expansion, Dampfabschluß mittelst der Steuervorrichtung, nicht mehr zu erreichen. Es darf dann mit dem Spielraume nur bis $k'+k''-2a$ herabgegangen werden, wenn nicht nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder treten soll. Das hierdurch bedingte Maximum der Expansion wird um so höher, je kleiner jener Minimalspielraum, je kleiner also $k'+k''$ wird.

Aber nach Satz II soll $k'+k''$ nicht kleiner als $e-a$ werden. So lange also nicht $e-a < 2a$, oder $a > \frac{1}{3}e$, oder $a > \frac{1}{2}k$ wird, kann das absolut höchste Maximum der Expansion (bei der Füllung Null) nicht erreicht werden. Dies ist aber ein Minimalwerth für a, der für die Praxis in den meisten Fällen schon zu groß ist. Es folgt hieraus:

Satz V. Wenn man am Hauptschieber die äußere Deckung a nicht mindestens gleich der Hälfte der Canalbreite k macht, so ist mit der Garrett'schen Steuerung das absolute Maximum der Expansion bei der Füllung Null, oder Dampfabschluß durch die Expansionsvorrichtung niemals zu erreichen, sondern immer nur ein gewisser größter Expansionsgrad, der um so größer wird, je weniger die Summe $k'+k''$ der Breiten eines Paars zusammengehöriger Oeffnungen im Expansionsschieber und der Scheidewand ihren Minimalwerth $e-a$ übersteigt, und je größer die äußere Deckung a wird.

Auf die Größe dieser Maximalexpansion selbst werden wir erst im nächsten Abschnitt, wo wir die Dimensionen k', k'' und a näher bestimmen werden, zu sprechen kommen.

Nachdem beide Schieber, der Haupt- und Expansionsschieber, zugleich ihren todten Punkt rechts erreicht haben, gehen sie, und zwar, wenn Spielraum vorhanden ist, zunächst blos der Hauptschieber, wieder retour. Dieser Rückgang findet aber in genau symmetrischer Weise mit dem Hingange statt und giebt daher für die rechte Seite des Cylinders die nämlichen Vorgänge wie die oben beschriebenen für die linke. Es ist also unnöthig, daß wir uns näher damit beschäftigen.

### III. Ueber die Dimensionen der Steuerung.

Es ist oben (S. 475) bereits bemerkt worden, daß man die Summe der Breiten k'+k'' eines Paars zusammengehöriger Oeffnungen im Expansionsschieber und der Scheidewand, welche stets zwischen den Grenzen e—a und e+a zu liegen hat, so klein als möglich nehmen muß, wenn man die Expansionsgrenzen so viel als möglich erweitern will. Da nun die kleinere der Oeffnungen k' und k'' schon so groß sein muß, daß der Dampf bei jedem Expansionsgrade und selbst bei ganzer Füllung genügenden Durchgang findet, so wäre es in dieser Beziehung einerseits zwecklos, andererseits für die Erweiterung der Expansionsgrenzen nur schädlich, die andere größer zu machen. Außerdem ist es, namentlich bei einer größeren Anzahl von Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber, schon deshalb wünschenswerth, dieselben so schmal als möglich zu machen, daß der Schieberkasten nicht zu lang wird, während zugleich die Entwickelungen des vorhergehenden Abschnittes nirgends einen Vortheil bei Ungleichheit der in Rede stehenden Oeffnungen gezeigt haben. Wir stellen daher die Regel auf:

Satz VI. Es ist am vortheilhaftesten, die Breite der Oeffnungen im Expansionsschieber gleich derjenigen der Oeffnungen in der Scheidewand zu machen, also k'=k'' zu nehmen, woraus von selbst folgt, daß auch die Breite der Stege zwischen den Oeffnungen im Expansionsschieber und in der Scheidewand gleich groß genommen werden muß.

Wir wollen in der Folge, wenn wir von der gemeinschaftlichen Breite der genannten Oeffnungen sprechen, dieselben der Kürze halber Expansionsöffnungen nennen und ihre Breite mit k' bezeichnen.

Durch die Annahme k'=k'' vereinfachen sich die oben aufgestellten Sätze nicht unbedeutend. Es wird gut sein, sie hier im Zusammenhange und angepaßt jener Annahme zu wiederholen.

Satz VII. Wenn man verhüten will, daß selbst beim niedrigsten Expansionsgrade die Expansionsöffnungen nicht später eröffnet werden als die Dampfcanäle durch den Hauptschieber, so muß ihre Breite k' mindestens $\frac{1}{2}(e-a)$ oder $\frac{1}{2}k$ = der Hälfte der Breite der unteren Dampfcanäle, sein. Wenn andererseits nicht schon beim größten Spielraume zwischen Haupt- und Expansionsschieber, für welchen überhaupt noch Expansion erhalten wird, nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder strömen soll, so darf die Breite k' der Expansionsöffnungen $\frac{1}{2}(e+a) = \frac{1}{2}k+a$ nicht überschreiten. Zwischen diesen Grenzen $\frac{1}{2}k$ und $\frac{1}{2}k+a$ für k' werden die Expansionsgrenzen um so weiter, je näher k' an $\frac{1}{2}k$ liegt, und umgekehrt um so enger, je näher k' dem $\frac{1}{2}k+a$ kommt. Für jeden Werth von k' zwischen diesen Grenzen ist das Minimum, welches der Spielraum nicht unterschreiten darf, wenn nicht nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder strömen soll, 2k'—2a. So lange k' nicht kleiner oder ebenso groß als a wird, darf folglich der Spielraum nicht Null werden. k' könnte aber nur dann bis zu oder unter a herabsinken, wenn seine untere Grenze, $\frac{1}{2}k$, kleiner oder ebenso groß als a, oder wenn $a \geqq \frac{1}{2}k$ wäre. Für diesen Fall könnte dann, bei dem Spielraume $a-\frac{1}{2}k$, das absolute Maximum der Expansion, für die Füllung Null, erreicht werden. Er wird aber in der Praxis nur selten vorkommen; in jedem anderen aber, wo $a<\frac{1}{2}k$ ist, ist das absolute Maximum der Expansion nicht mehr zu erreichen, sondern man muß sich mit einem geringeren Expansionsmaximum begnügen, welches durch den Minimalspielraum

$$2d_2 = 2k'-2a$$

bedingt ist. — Das Minimum der Expansion erhält man für den „Maximalspielraum bei Expansion"

$$2d_1 = 2e-2k'$$

und darüber hinaus ist für ganze Füllung nur der größte, überhaupt zulässige Spielraum

$$2d_0 = 2e$$

zu gebrauchen.

Um nun die Breite k' der Expansionsöffnungen selbst näher festzustellen, gehen wir von dem Minimalwerthe $\frac{1}{2}k$ derselben aus und setzen also zunächst $k'=\frac{1}{2}k$ voraus, sodaß im Falle des niedrigsten Expansionsgrades die Expansionsöffnungen eben erst dann aufgemacht werden, wenn der Hauptschieber die unteren Dampfcanäle öffnet. Der, dem erreichbaren Maximum der Expansion entsprechende Minimalspielraum, welcher nicht unterschritten werden

darf, wenn nicht nach der Expansion nochmals Dampf in den Cylinder treten soll, ist nach dem letzten Satze $2d_2 = 2k' - 2a = k - 2a$. Für

$$a = \frac{1}{2}k, \quad \frac{1}{3}k, \quad \frac{1}{4}k,$$

$$\text{oder} = \frac{1}{3}e, \quad \frac{1}{4}e, \quad \frac{1}{5}e$$

wird also

$$2d_2 = 0, \quad \frac{1}{3}k, \quad \frac{1}{2}k,$$

$$\text{oder} = 0, \quad \frac{1}{4}e, \quad \frac{2}{5}e.$$

Eine genaue Construction, angestellt nach der bereits erörterten Methode, oder besser noch eine leichte Rechnung ergiebt, unter Vernachlässigung der Voreinströmung, für obige drei Fälle als das erreichbare Maximum der Expansion selbst bez. die Zahlen

$$\infty, \quad 55, \quad 21,$$

während sich das Minimum der Expansion nach der kleinen Tabelle auf S. 476 bezüglich als

$$3, \quad 2^2/_3, \quad 2^1/_2$$

findet und bei dem Maximalspielraum für Expansion $2d_1 = 2e - 2k' = 2e - k = k + 2a$, also in obigen 3 Fällen bei

$$2d_1 = 2k, \quad \frac{5}{3}k, \quad \frac{3}{2}k$$

$$\text{oder} = \frac{4}{3}e, \quad \frac{5}{4}e, \quad \frac{6}{5}e,$$

eintritt.

In dem Falle, den wir immer als Normalfall empfohlen haben, wo die Deckung gleich einem Drittheil der Canalbreite ist $\left(a = \frac{1}{3}k = \frac{1}{4}e\right)$, ergiebt sich somit, zumal unter der Berücksichtigung, daß wir oben die Voreinströmung noch vernachlässigt haben, eine genügend hohe Maximalexpansion, sodaß, insofern es für nöthig erachtet werden sollte, man mit k' noch ein wenig höher, über $\frac{1}{2}k$, gehen und das Maximum der Expansion noch etwas erniedrigen, den Minimalspielraum noch etwas größer nehmen darf, um einerseits auch beim niedersten Expansionsgrad die Expansionsöffnungen etwas früher als die unteren Canäle öffnen und somit die innere Kammer frühzeitig genug anfüllen, und um andererseits beim höchsten Expansionsgrad diese Expansionsöffnungen auch schon etwas früher sich schließen und etwas überdecken zu lassen, ehe die unteren Canäle für die andere Cylinderseite sich wieder öffnen.

Das oben angenommene Minimum $\frac{1}{2}k$ für k', dem man sich den Expansionsgrenzen zu lieb immer so viel als möglich nähern wird, ist aber, selbst bei ganzer Füllung, allemal ausreichend, sobald mehr als **eine** Oeffnung in der Scheidewand vorhanden ist, vorausgesetzt, daß k selbst die für den Dampfzufluß ausreichende Größe hat. Wir setzen daher folgende Regel fest:

Satz VIII. **In dem Falle, wo mehr als eine Expansionsöffnung in der Scheidewand und im Expansionsschieber angebracht wird, kann die Breite k' jeder derselben gleich der halben Breite k der unteren Dampfcanäle gemacht werden, vorausgesetzt, daß diese die für genügenden Dampfdurchfluß erforderliche Größe hat. In dem Normalfalle $a = \frac{1}{3}k$ erhält man dann als Minimum der Expansion $2^2/_3$ (ohne Voreinströmung, mit einer solchen von der Größe $\frac{1}{20}k$ nahezu 3) bei dem Maximalspielraum $2d_1 = \frac{5}{3}k = \frac{5}{4}e$ und eine größte Expansion gleich 55 (ohne Voreinströmung, mit einer solchen von obiger Größe 75) bei dem kleinsten zulässigen Spielraum $2d_2 = \frac{1}{3}k = \frac{1}{4}e$.**

Bei nur einer Expansionsöffnung in der Scheidewand und im Expansionsschieber dagegen wäre die Breite $k' = \frac{1}{2}k$ derselben, insofern k eben nur die für genügenden Dampfdurchfluß erforderliche Größe hätte, zu klein. Es müßte vielmehr k' schon die für ausreichende Dampfdurchströmung erforderliche Größe, die wir jetzt mit b bezeichnen wollen, erhalten. Wollte man dann aber, unter Beibehaltung des für die Expansionsgrenzen günstigsten Verhältnisses $k' = \frac{1}{2}k$ die Breite k doppelt so groß als b nehmen, so würde der Uebelstand eintreten, daß der Excenterhub des Hauptschiebers eine, im Vergleich zu den nöthigen Canalbreiten unverhältnißmäßige Größe erhalten müßte.

Andererseits ist es aber für gewöhnlich nicht möglich, $k' = k$, die Breite der Expansionsöffnung gleich der der unteren Canäle zu nehmen: denn der Maximalwerth für k' ist nach Satz VII gleich $\frac{1}{2}k + a$; so lange also a die Größe $\frac{1}{2}k$ nicht erreicht, wie es in der Praxis gewöhnlich der Fall sein wird und in unserem Normalfalle $\left(a = \frac{1}{3}k\right)$ immer ist, so muß von einer Gleichheit der Oeffnungen k und k' abgesehen und daher der Hub des Hauptschiebers immerhin etwas größer als es sonst nöthig wäre genommen werden.

Um damit aber nicht zu weit gehen zu müssen, wird man auch an den Expansionsgrenzen etwas aufopfern, was man um so leichter kann, als Expansionen über 20 in der Praxis doch kaum angewendet werden. Behalten wir daher wie schon früher bei den Schleppschiebersteuerungen jene Zahl als obere Grenze für die Expansion bei, so findet sich das zugehörige Minimalverhältniß für k' : k leicht auf folgendem Wege.

Es sei in Fig. 10, Taf. 26, unter Beibehaltung der übrigen Bezeichnungen, U die der oberen Expansionsgrenze 20 entsprechende Kolbenstellung, also $\frac{KK'}{KU} = 20$. Aus U ergiebt sich der Punkt u auf die bekannte Weise. Er bezeichnet im Diagramme die Stellung der rechten Kante der Oeffnung in der Scheidewand für den Expansionsgrad 20. Da für diesen, als den höchsten, wie wir voraussetzen, die Oeffnung in der Scheidewand oben schon geöffnet werden darf, wenn der untere Canal auf der anderen Seite sich schließt, so darf (wenn $o\gamma = oc$) $u\gamma = k' + k'' = 2k'$ werden. Eine genaue Zeichnung oder besser noch eine leichte Rechnung, ergiebt unter der Voraussetzung, daß $a = \frac{1}{3}k$ und unter Vernachlässigung der Voreinströmung, für das Verhältniß $\frac{1}{2}u\gamma : cm'$, also für das $k' : k$ den Werth $1 : 1{,}672$, den wir, um eine kleine Ueberdeckung schon beim Expansionsgrade 20 zu erhalten, auf 4 : 7 abrunden. Voreinströmung wird nur den Einfluß haben, daß die obere Expansionsgrenze noch erhöht wird.

Satz IX. **Wenn nur eine Expansionsöffnung in die Scheidewand gemacht wird, so hat man deren Breite k' stets gleich b, d. h. so groß zu nehmen, als es für den genügenden Durchfluß des Dampfes auch bei ganzer Füllung erforderlich ist. Unter Festhaltung des Normalfalles $a = \frac{1}{3}k$ (äußere Deckung oder Vorausströmung = $^1/_3$ der unteren Canalbreite) muß dann die untere Canalbreite k gleich $\frac{7}{4}k' = \frac{7}{4}b$ genommen werden, also die Deckung $a = \frac{7}{12}b$ und die Excentricität $o = a + k = \frac{7}{3}b$. Für den Minimalspielraum $2d_2 = 2k' - 2a = 2b - \frac{7}{6}b = \frac{5}{6}b$ erhält man dann (unter Vernachlässigung der Voreinströmung, durch Zeichnung oder Rechnung) die Maximalexpansion = 25 (oder bei einer Voreinströmung von $\frac{1}{17}k$ gleich 32). Umgekehrt entspricht, wenn man die Expansion 20 nicht überschreiten will, dieser der Minimalspielraum $2d_2' = 0{,}437\,o = 1{,}02\,b$ (bei Vernachlässigung der Voreinströmung; mit einer solchen von obiger Größe wird jene Maximalexpansion 25 statt 20). Für den Maximalspielraum bei Expansion $2d_2 = 2o - 2k' = \frac{14}{3}b - 2b = \frac{8}{3}b$ erhält man das Minimum der Expansion $2^2/_3$ (ohne Voreinströmung, mit einer solchen von obiger Größe nahezu 3) wie es allgemein dem Verhältniß $a = \frac{1}{3}k = \frac{1}{4}e$ entspricht (vgl. S. 476).**

---

Es bleibt uns nun noch übrig, die **Stegbreite** zwischen den einzelnen Oeffnungen in der Scheidewand sowohl, als im Expansionsschieber, dann die Breite der Lappen an beiden Enden des letzteren und endlich die Zwischenräume z (Fig. 5, Taf. 26) zwischen den äußeren Rändern der ersten und letzten Oeffnung in der Scheidewand und den Wänden des Schieberkastens, welche Zwischenräume wir kurz mit dem Namen „Stege an der Wand" bezeichnen wollen, festzustellen, wobei sogleich bemerkt werden möge, daß die Breite jener Lappen des Expansionsschiebers, wie leicht zu sehen, nicht größer und nicht kleiner zu sein braucht, als die Breite der Stege in demselben Schieber.

Die Breite der Stege in der Scheidewand und im Expansionsschieber muß aber offenbar mindestens so groß sein, daß selbst bei der größten Verschiebung des Expansionsschiebers keine Oeffnung desselben über eine, ihr nicht zugehörige in der Scheidewand zu stehen kommt, bezüglich daß das Ende des Expansionsschiebers nicht über die äußere Kante der letzten Oeffnung der Scheidewand hereintritt. Die größte Verschiebung des Expansionsschiebers findet aber statt für das Minimum des Spielraumes zwischen Haupt- und Expansionsschieber, also für das Maximum der Expansion.

Setzen wir daher, um vom allgemeinsten Fall auszugehen, voraus, daß in Fig. 10, Taf. 26, mr der kleinste zulässige Spielraum sei, so bezeichnen rs und tu ein Paar zusammengehörige Oeffnungen im Expansionsschieber und in der Scheidewand in der größten Verschiebung des ersteren nach links, m's' und tu dieselben beiden Oeffnungen in der größten Verschiebung jenes nach rechts. Es muß also die Stegbreite s'' in der Scheidewand mindestens gleich $rt = us'$ und die Steg- oder Lappenbreite s' im Expansionsschieber gleich $su = tm'$ werden. Bezeichnen wir aber, wie bisher immer, den Minimalspielraum mr mit $2d_2$ und behalten überhaupt alle früher angeführten Bezeichnungen bei, so ergiebt sich leicht:

$$rt = k' + st = k' + sw - \frac{1}{2}k'' = k' + \frac{1}{2}sm' - \frac{1}{2}k'',$$

oder, da

$$sm' = 2e - 2d_2 - k',$$

$$rt = e - d_2 + \frac{1}{2}k' - \frac{1}{2}k'',$$

also das Minimum der Stegbreite in der Scheidewand

$$s'' = e - d_2 + \frac{1}{2}(k' - k'') \ldots\ldots (1)$$

Aehnlich ergiebt sich

$$su = k'' + st = e - d_2 - \frac{1}{2}(k' - k''),$$

oder das Minimum der Steg- oder Lappenbreite im Expansionsschieber

$$s' = e - d_2 - \frac{1}{2}(k' - k'') \ldots\ldots (2)$$

Dieselben Resultate für s' und s'' kann man auch aus den Figuren 2 bis 4, Taf. 26 ableiten, wenn man beachtet, daß die größte Verschiebung des Expansionsschiebers aus seiner dort gezeichneten Mittellage heraus offenbar $e - d_2$ ist, und daß die beiden linken oder beiden rechten Kanten der Oeffnungen in der Mittellage um $\frac{1}{2}(k' - k'')$ für $k' > k''$ oder um $\frac{1}{2}(k'' - k')$ für $k'' > k'$ von einander abstehen.

Die Stege z an der Wand müssen mindestens so breit werden, daß der Expansionsschieber bei seiner Bewegung an den Wänden des Schieberkastens nicht anstoßen kann. Es müssen folglich die äußersten Kanten dieses Schiebers, wenn er in seiner Mittellage steht, wie in Fig. 5, Taf. 26, noch wenigstens um eine Strecke gleich seiner größten Bewegung nach links oder rechts von den Wänden des Schieberkastens entfernt sein. Diese größte Bewegung ist aber gleich $e - d_2$; rechnet man hierzu noch die Breite des Lappens des Expansionsschiebers selbst, die wir in Formel 2) gefunden haben, und vermehrt die Summe um den Abstand $\frac{1}{2}(k' - k'')$ der beiden linken oder rechten Ränder des ersten oder letzten Paares zusammengehöriger Oeffnungen im Expansionsschieber und in der Scheidewand, welcher Abstand von selbst positiv oder negativ wird, je nachdem $k' > k''$ oder $k' < k''$ ist, so erhält man für das Minimum der Breite der Stege an der Wand:

$$z = 2e - 2d_2, \ldots\ldots\ldots (3)$$

also den größten Hub des Expansionsschiebers, wie es sich eigentlich schon von selbst versteht.

Für das Minimum des Spielraums zwischen Haupt- und Expansionsschieber haben wir oben (Satz III) den Ausdruck

$$2d_2 = (k' + k'') - 2a$$

gefunden. Substituirt man denselben in obige Formeln (1—3), so ergiebt sich:

$$s'' = e + a - k'' \ldots\ldots\ldots\ldots (1a)$$

$$s' = e + a - k' \ldots\ldots\ldots\ldots (2a)$$

$$z = 2e + 2a - (k' + k'') \ldots\ldots (3a)$$

Am Beginn des gegenwärtigen Abschnittes haben wir dargethan, daß es am gerathensten ist, die Oeffnungen in der Scheidewand eben so breit als die im Expansionsschieber, also $k' = k''$, zu machen. Für diesen Fall ergeben die obigen Formeln vor Allem, daß auch, wie nicht anders möglich, $s'' = s'$ wird. Bezeichnen wir daher die gemeinschaftliche Stegbreite im Expansionsschieber und in der Scheidewand mit s, so ergiebt sich

$$s = e - d_2 = e + a - k' \ldots\ldots\ldots (4)$$

und $$z = 2e - 2d_2 = 2e + 2a - 2k' \ldots\ldots (5)$$

Für den Fall, wo mehr als eine Oeffnung in der Scheidewand und im Expansionsschieber angebracht ist, ergab sich für den geeignetsten Werth von k' der $\frac{1}{2}k$. Setzt man dies in obige Formeln (4) und (5), so erhält man:

$$s = e + a - \frac{1}{2}k = \frac{1}{2}k + 2a \ldots (4a)$$

$$z = 2e + 2a - k = k + 4a \ldots\ldots (5a)$$

Je nachdem also, entsprechend den schon auf S. 481 hervorgehobenen drei Fällen

$$a = \frac{1}{2}k,\ \frac{1}{3}k,\ \frac{1}{4}k \text{ ist, wird}$$

$$s = \frac{3}{2}k,\ \frac{7}{6}k,\ k \text{ und}$$

$$z = 3k,\ \frac{7}{3}k,\ 2k.$$

Bei nur einer Expansionsöffnung in der Scheidewand hat man in dem Normalfall $a = \frac{1}{3}k$ die Breite k' jener Expansionsöffnung $= b$, wie es für den genügenden Dampfdurchfluß auch bei ganzer Füllung erforderlich ist, zu nehmen, k aber dann $\frac{7}{4}b$ und daher $a = \frac{7}{12}b$ und $e = a + k = \frac{7}{3}b$. Substituirt man diese Werthe in die Formeln (4) und (5), so findet sich

$$s = \frac{23}{12}b \ldots\ldots\ldots\ldots (4b)$$

und $$z = \frac{23}{6}b \ldots\ldots\ldots\ldots (5b)$$

Es mag vielleicht nicht überflüssig sein, hier nochmals ausdrücklich zu bemerken, daß die oben entwickelten Werthe für die Steg- und Lappenbreite nur Minimalwerthe sind, und daß man sie in der Praxis stets größer nehmen wird, um immer einer genügenden Ueberdeckung der Oeffnungen sicher zu sein. Außerdem versteht sich von selbst, daß, wo die obigen Dimensionen bei nur wenig Expansionsöffnungen

eine gesammte Länge des Schieberkastens geben, die für die Bewegung des Hauptschiebers zu klein ist, jene Länge eben durch geeignete Vergrößerung der Stege, besonders derer an der Wand, größer genommen werden muß.

Für den Normalfall $a = \frac{1}{3}k$ stellen wir das Ergebniß obiger Untersuchungen über die Steg- und Lappenbreiten noch in folgenden zwei Sätzen zusammen:

Satz X. In dem Falle, wo **mehrere** Expansionsöffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber angebracht sind, wo folglich die Canalbreite unten eben nur die für genügenden Dampfzufluß erforderliche Größe k und die Expansionsöffnungen selbst die halbe Breite, $k' = \frac{1}{2}k$ zu erhalten brauchen, müssen in dem Normalfalle, wo die Deckung gleich einem Drittheil der Canalbreite k ist, die Stege in der Scheidewand und im Expansionsschieber, sowie die Lappen an den Enden des letzteren mindestens die Breite $s = \frac{7}{6}k$ und die Stege an der Wand die doppelte, $z = \frac{7}{3}k$, erhalten.

Satz XI. Wenn nur **eine** Oeffnung in der Scheidewand und im Expansionsschieber angebracht ist, welche daher die für genügenden Dampfdurchfluß auch bei ganzer Füllung geeignete Größe b erhalten muß, so müssen in dem Normalfalle, wo die Deckung des Hauptschiebers gleich einem Drittheil der unteren Canalbreite k ist, die Lappen zu beiden Seiten der Oeffnung im Expansionsschieber mindestens die Breite $s = \frac{23}{12}b$ und die Stege an der Wand zu beiden Seiten der Oeffnung in der Scheidewand die doppelte Breite, $z = \frac{23}{6}b$, erhalten.

## IV. Beschreibung des vollständigen Diagrammes für einige Fälle.

Fig. 6, Taf. 26 giebt das vollständige Diagramm der in Fig. 5 abgebildeten Steuerung mit 4 Expansionsöffnungen. Dieselbe Figur gilt übrigens mit ganz wenigen und selbstverständlichen Modificationen auch für alle die Fälle, wo die Anzahl der Expansionsöffnungen größer oder kleiner ist, wenn sie nur Eins übersteigt. Die für genügenden Dampfdurchfluß bei ganzer Füllung erforderliche Breite der Dampfwege wurde zu 20 Millimeter angenommen. Dann konnte also (Satz VIII) die Breite k der unteren Dampfwege gleich 20 Millimeter und die der Expansionsöffnungen $k' = \frac{1}{2}k = 10$ Millimeter gemacht werden. Die äußere Deckung a wurde gleich einem Dritttheil der Canalbreite k, gleich $6^2/_3$ Millimeter gerechnet und folglich die Excentricität $e = 26^2/_3$ Millimeter genommen. In der Figur ist daher $mo = om' = 26^2/_3$ Millimeter, $oc = o\gamma = 6^2/_3$ Millimeter und also $cm' = k = 20$ Millimeter. Die Voreinströmung ci ist gleich einem Millimeter, also $\frac{1}{20}k$. Aus ihr ergiebt sich sofort die Cylinderaxe KK', über welcher der Kurbelkreis mit dem Durchmesser gleich 100 Millimeter beschrieben ist. Für irgend eine andere Breite b der Dampfwege sind nur sämmtliche Dimensionen der Figur 6 im Verhältniß 20 : b zu vergrößern oder zu verkleinern.

Das Minimum des Spielraumes zwischen Haupt- und Expansionsschieber ist nach Satz VIII $mr = \frac{1}{3}k = 6^2/_3$ Millimeter. Auf dem Wege der Construction kann man dasselbe auch finden, wenn man von $\gamma$ aus $\gamma u = 2k' = 20$ Millimeter nach rechts hin auf mm' aufträgt und dann $r\gamma = um'$ macht. Aus diesem Minimalspielraum ergiebt sich das Maximum, bis zu welchem die Expansion getrieben werden kann, wenn man von r aus die Breite $rs = k' = 10$ Millimeter der Expansionsöffnungen nach rechts hin aufträgt, die Entfernung sm' in w halbirt und dann $wu = wt = 5$ Millimeter macht. Aus u findet sich auf die bekannte Weise die Kolbenstellung U und damit der Maximalexpansionsgrad $\frac{KK'}{KU}$. Er ist, wie schon im Satz VIII angegeben, gleich 75.

Um für die Expansionsgrade 20, 10, 8, 6, 5 und 4 die erforderlichen Spielräume zwischen Haupt- und Expansionsschieber zu erhalten, zeichnet man sich die denselben entsprechenden Kolbenstellungen XX, X, VIII, VI, V, IV auf die Cylinderaxe KK' auf und construirt daraus auf die bekannte Weise die Punkte 20, 10, 8 rc. Trägt man alsdann noch von m' aus die doppelte Breite der Expansionsöffnungen $2k' = 20$ Millimeter als m'x nach rechts hin auf und macht die Längen 20—20', 10—10', 8—8' rc. bezüglich gleich denen 20—x, 10—x, 8—x rc., so erhält man in den Entfernungen m—20', m—10', m—8' rc. die jenen Expansionsgraden entsprechenden Spielräume, aus denen dann die Gestalt des Daumens, wenn ein solcher vorhanden ist, leicht construirt werden kann.

Der geringste Expansionsgrad findet sich, indem man von $N_1$ aus eine Senkrechte $N_1N$ auf die Cylinderaxe KK' zieht, als $\frac{KK'}{KN}$. Er ist, wie schon im Satz VIII angegeben wurde, nahe an 3. Der ihm entsprechende Maximalspielraum ist nach Satz VIII gleich $\frac{5}{3}k = 33^1/_3$ Milli-

meter, oder, wie sich auch durch Construction direct leicht ergiebt, gleich mc.

In den Figuren 7, 8 und 9, Taf. 26 sind für die Kolbenwege als Abscissen die Dampfwegeröffnungen als Ordinaten aufgetragen, und zwar für die Expansionsgrade 20, 6 und 3, den niedrigsten, der erhalten werden kann, und unter der Voraussetzung, daß, wie in Fig. 5, vier Expansionsöffnungen gewählt wurden. Da die Construction jeder der drei Figuren die nämliche ist, so begnügen wir uns mit der Beschreibung der Fig. 8 für den Expansionsgrad 6. K bezeichnet die Kolbenstellung am todten Punkte links. Die dortselbst aufgetragene Ordinate Ka ist folglich gleich der Voreinströmung, 1 Millimeter. Der Kolbenweg Kvi während der Einströmungsperiode ist gleich dem sechsten Theil des gleich 100 Millimeter gesetzten Kolbenwegs und von derselben Länge, wie die in Fig. 6 mit gleichen Buchstaben bezeichnete Linie. Im Punkte vi, Fig. 8, wird die Oeffnung in der Scheidewand oben geschlossen, die Ordinate daselbst ist folglich Null. Für das Auftragen der Ordinaten in den übrigen Kolbenstellungen ist es vor Allem wichtig, diejenige Kolbenstellung F zu ermitteln, bei welcher die Dampfwege am weitesten offen sind. Zu diesem Behufe theilt man in Fig. 6 die Länge c—6 in fünf gleiche Theile und markirt von den Theilungspunkten denjenigen, f, der zunächst dem Punkte 6 gelegen ist. Aus demselben findet man auf die bekannte Weise die Kurbelstellung $oF_1$ und Kolbenstellung F für das Maximum der Dampfwegeröffnung. Diese Maximaleröffnung selbst ist gleich cf oder viermal so groß als f—6. Man wird folglich KF in Fig. 8 gleich dem KF in Fig. 6 machen und die Ordinate Ff in Fig. 8 gleich der Länge cf in Fig. 6, um in f den höchsten Punkt der Curve für die Eröffnungen zu erhalten. Um alsdann die Ordinate für irgend eine Kolbenstellung G, Fig. 8, vor dem Maximum zu bekommen, zeichnet man sich den Kolbenweg KG als KG in Fig. 6 ein, construirt aus dem Punkte G auf die bekannte Weise den $G_1$ und zieht $oG_1$, welches den Excenterkreis in $g_1$ schneidet. Der Abschnitt $\gamma g_1$ der Kurbelstellung zwischen dem Deckungs- und Excenterkreis ist die gesuchte Ordinate Gg in Fig. 8. — Für eine Kolbenstellung H nach dem Maximum verfährt man auf dieselbe Weise, um in Fig. 6 die Kurbelstellung $oH_1$ zu erhalten, welche den Excenterkreis in $h_1$ schneidet. Der Abschnitt $h_1 v$ derselben zwischen dem Excenter- und Expansionskreis für sechsfache Expansion, viermal genommen, ist dann wieder die gesuchte Ordinate Hh in Figur 8.

---

Fig. 11, Taf. 26 giebt das vollständige Diagramm einer Steuerung mit nur einer Expansionsöffnung. Die für genügenden Dampfeintritt nothwendige Breite b der Dampfcanäle wurde wieder als 20 Millimeter vorausgesetzt. Dem Satze IX gemäß wurde also die Breite k' der Oeffnungen in der Scheidewand und im Expansionsschieber gleich 20 Millimeter angenommen, die Breite k der unteren Dampfcanäle aber $^7/_4$ mal so groß, gleich 35 Millimeter. Für die äußere Deckung a ein Drittel der Canalbreite k gerechnet, giebt also für dieselbe $11^2/_3$ Millimeter und für die Excentricität e $46^2/_3$ Millimeter. Es ist also in Fig. 11 $mo = om' = 46^2/_3$ Millimeter, $oc = o\gamma = 11^2/_3$ Millimeter und $cm' = 35$ Millimeter. Die Voreinströmung wurde gleich 2 Millimeter, also $\frac{1}{17}k$ angenommen, aus ihr findet sich die Cylinderaxe KK' auf die bekannte Weise.

Das noch zulässige Minimum des Spielraumes ist nach Satz IX $mr = \frac{5}{6}b = 16^2/_3$ Millimeter. Man hätte es direct auch so finden können, daß man von $\gamma$ aus $\gamma u = 2k' = 40$ Millimeter nach rechts hin aufgetragen und $\gamma r = um'$ gemacht hätte. Das zugehörige Maximum der Expansion findet sich, wenn man von r aus $rs = k' = 20$ Millimeter aufträgt, hierauf sm' in w halbirt, und $wu = wt = \frac{1}{2}k' = 10$ Millimeter macht. Aus u findet sich auf bekannte Weise die Kolbenstellung U für den Beginn der Expansion und damit der Expansionsgrad $\frac{KK'}{KU}$; er ist gleich 32 (Satz IX).

Um wieder für die Expansionsgrade 20, 10, 8, 6, 5 und 4 die zugehörigen Spielräume zwischen Haupt- und Expansionsschieber zu finden, verfährt man auf dieselbe Weise wie in Fig. 6. Man verschafft sich zunächst aus den Kolbenstellungen xx, x, viii ꝛc. die Punkte 20, 10, 8 ꝛc., macht alsdann $m'x = 2k' = 40$ Millimeter und trägt 20—20' gleich 20—x, 10—10' gleich 10—x, 8—8' gleich 8—x ꝛc. auf. Die Entfernungen m—20', m—10', m—8' ꝛc. sind dann die gewünschten Zwischenräume. Das Minimum der Expansion findet sich aus der Senkrechten $N_1N$ auf die Cylinderaxe als $\frac{KK'}{KN} = 3$ ca. Der ihm entsprechende Maximalspielraum ist nach Satz IX gleich $\frac{8}{3}b = 53^1/_3$ Millimeter, oder, wie sich auch durch Construction leicht ergiebt, indem man $m'R = m'x = 40$ Millimeter macht, gleich mR.

Die Figuren 12—14, Taf. 26, finden sich auf ganz ähnliche Weise, wie die 7—9 derselben Tafel. Ihre nähere Beschreibung kann folglich um so mehr unterlassen werden, als ähnliche Punkte in ihnen mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, wie dort. Nur Das möge bemerkt werden, daß zur Auffindung der Kolbenstellung F (Fig. 13) für das Maximum der Eröffnung in Fig. 11 die Entfernung c—6 in f zu halbiren ist, und daß bei einer Kolbenstellung H

nach dem Maximum die Ordinate Hh (Fig. 13) gleich dem einfachen Abschnitt $h_1 v$ (Fig. 11) der Kurbelstellung, welcher zwischen dem Excenter- und Expansionskreis gelegen ist, gemacht werden muß.

Ein vergleichender Blick auf die Figuren 7—9 und 12—14 zeigt, wie sehr vortheilhaft für die Einströmung schon 4 Expansionsöffnungen gegenüber einer einzigen sind, ein Punkt, den wir schon oben weitläufiger besprochen haben.

Vergleicht man außerdem noch die Fig. 12—14, Taf. 26 für die Garrett'sche Steuerung mit einer Expansionsöffnung mit denen 1b bis 1d, Taf. 17, für die Schleppschiebersteuerung mit einer Oeffnung auf jeder Seite des Hauptschiebers, so sieht man, daß sie vollkommen identisch sind. Dasselbe würde sich bei 2 und mehr Expansionsöffnungen ergeben haben.

Fürth, im Juli 1864.

# Pferdegöpel verschiedener Construction.

(Nach Armengaud, Publication Industrielle, vol. XIV.)

(Hierzu Tafel 27 u. 28.)

Die Pferdegöpel, durch welche die thierische Kraft zum Betrieb von Maschinen nutzbar gemacht wird, indem die an einem Hebel angespannten Pferde, Ochsen u. s. w. mittelst dieses Hebels einer stehenden Welle am Göpel eine continuirliche drehende Bewegung mittheilen, zeigen sehr verschiedene Constructionen; diese Maschine besteht nämlich bald nur aus einem direct an der Welle der auszuübenden Maschine, z. B. einem Mühleisen, angebrachten Schwengel, bald sind noch verschiedene Vorgelege eingeschaltet, um die Geschwindigkeit der ausübenden Maschine zu vergrößern, bald ist der Göpel ein in fester Verbindung mit der übrigen Maschinerie stehender Theil der Anlage, bald ist er transportabel, umschließt aber dennoch alle die Geschwindigkeitsübersetzungen, durch welche aus dem langsamen Gange der Thiere die zu den meisten Fabrikationsmaschinen erforderliche große Umdrehungszahl abgeleitet wird, u. s. w. Man wendet die Pferdegöpel noch häufig bei der Landwirthschaft an, wo sie zum Betrieb von Dreschmaschinen u. dergl. benutzt werden und die zu diesem Zwecke jedenfalls noch viel geeigneteren transportabeln Maschinen ersetzen. Da sich auf großen Wirthschaften immer unbeschäftigte Zugthiere finden, so werden die Pferdegöpel auch immer von wesentlicher Bedeutung für die Landwirthschaft bleiben und wir hoffen daher, daß eine Zusammenstellung der neueren Constructionen dieser Maschine, wie sie die Tafeln 27 und 28 bieten, nicht unwillkommen sein werde.

Ein Zugthier kann bekanntlich nur unter gewissen Verhältnissen eine günstige Leistung geben; der Athmungsproceß läßt langandauernde große Geschwindigkeiten nicht zu, die Elasticität der Muskeln erschlafft unter länger fortgesetzter Anspannung der Kräfte, und nach einer gewissen Menge von verrichteter Arbeit macht sich unabweislich eine Ruhezeit erforderlich. Die tägliche Leistung, welche man von einem Pferde erzielen kann, ist demnach eine sehr verschiedene, je nachdem man die auszuübende Kraft und die Geschwindigkeit, mit welcher das Thier läuft, bestimmt hat. Die Gerstner'sche Formel

$$P = \left(2 - \frac{v}{c}\right) K$$

drückt am besten die Abhängigkeit zwischen Kraft und Geschwindigkeit aus und zwar bedeutet:

K die mittlere Kraft eines Thieres,
c seine mittlere Geschwindigkeit,
P diejenige Kraft, welche bei der Geschwindigkeit
v ausgeübt werden kann.

Die Leistung pro Secunde

$$Pv = \left(2 - \frac{v}{c}\right) vK$$

wird eine größte, wenn $v = c$ genommen wird, also das Thier mit seiner mittleren Geschwindigkeit arbeitet, und es ist in diesem Falle auch $P = K$, also erhält man dann auch die mittlere Zugkraft.

Nach Christian, Morin u. s. w. soll ein mittelstarkes Pferd am Göpel bei 0,9 Meter Geschwindigkeit pro Secunde die beste Leistung geben, indem es dann 8 Stunden täglich mit 45 Kilogr. Zugkraft arbeiten kann. Man wird aber noch besser thun, die Geschwindigkeit auf 0,8 Meter bei Pferden und auf 0,6 Met. bei Ochsen einzuschränken.

Hiernach bestimmt sich bei einem feststehenden Göpel sehr leicht die Umdrehungszahl der Welle, wenn die Schwengellänge bekannt ist. Die Letztere ist aber keineswegs gleich-

gillig, denn man darf dem sich im Kreise fortbewegenden Pferde nicht zu starke Richtungsveränderungen zumuthen, damit es nicht zu schnell ermüdet. Der Druck des Kummets erfolgt nämlich tangential zum beschriebenen Kreise und die Steifheit der Befestigung zwingt das Pferd, dieser Richtung zu folgen, wobei es einen Theil seiner Kraft aufwenden muß. Außer dieser physiologischen Wirkung ist aber auch noch die mechanische Wirkung des Schiefabziehens in's Auge zu fassen, wonach sich der vom Pferde ausgeübte Zug in eine tangentielle, also winklig zum Schwengel wirkende Nutzkraft und in einen radialen, also nur den Zapfendruck an der stehenden Welle vermehrenden Druck zerlegt. Letzterer, der verloren gehende Theil der Zugkraft, wird um so größer, je geringer die Schwengellänge im Verhältniß zur Länge des Pferdes ist.

Christian empfiehlt, dem Schwengel nicht unter 6 Meter Länge zu geben, wobei er natürlich nur die feststehenden Pferdegöpel im Auge hat, bei denen es nachher immer möglich ist, durch starkes Vorgelege die gewünschte Geschwindigkeit herauszubringen. Heutzutage, wo man die Pferdegöpel nur noch zu untergeordneten Zwecken und da, wo man über unbeschäftigte Pferde disponiren kann, anwendet, wird es nützlicher sein, sie so einzurichten, daß sie sich bequem anwenden lassen, wenn sie auch einen etwas geringeren Nutzeffect geben, und man darf daher die Schwengellänge auf 3,5 bis 3 Meter reduciren, so daß sich bei 0,9 Met. Geschwindigkeit pro Secunde

$$\frac{0{,}9 \cdot 60}{2\pi \cdot 3{,}50} = 2{,}45 \text{ Umdrehungen pro Minute}$$

ergeben. Noch kürzere Schwengel sind jedoch jedenfalls nachtheilig.

Es ergeben sich hiernach als Constructionselemente für einen Pferdegöpel

eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,9 Met. pro Secunde,
eine Zugkraft von 45 Kilogrammen pro Pferd,
eine Umdrehungszahl von höchstens $2^1/_2$ Touren pro Minute bei der ersten Axe.

Nennt man dann v die Geschwindigkeit irgend eines Punktes der Maschinerie und p den daselbst stattfindenden Druck, so folgt für n Pferde:

$$p = 40{,}5 \cdot \frac{n}{v} \quad \text{und} \quad v = 40{,}5 \cdot \frac{n}{p} .$$

Ueber den einfachen feststehenden Göpel, bei welchem das oder die Pferde direct und ohne alles Zwischengeschirr die Göpelwelle bewegen, ist weiter Nichts zu sagen, zumal er nur noch sehr selten Anwendung findet; wir gehen daher über zu dem

### Pferdegöpel mit einfachem Geschirre,

bei welchem die erste Welle mittelst eines Paares von Zahnrädern eine zweite Welle betreibt. Bei dieser Maschine wurde früher oft auf der ersten Welle (einer starken, unten auf einem Zapfen aufstehenden und oben durch einen Halszapfen gehaltenen hölzernen Welle) ein großes Stirn- oder Winkelrad von fast gleichem Halbmesser mit dem Schwengel befestigt, welches in ein kleines Getriebe auf einer die Bewegung weiter fortpflanzenden parallelen oder zu der ersteren rechtwinklig stehenden Welle eingriff. Bei dieser Anordnung war es unmöglich, die beiden Wellen solid untereinander zu verbinden, wenn man den Göpel nicht in ein besonderes Gebäude einschloß. Uebrigens aber wurde man in Stand gesetzt, die Geschwindigkeit sehr stark zu übersetzen, denn wenn beispielsweise das erste Zahnrad 5 Meter und das Getriebe 0,4 bis 0,5 Met. Durchmesser erhielt, so erzielte man bei der zweiten Welle schon eine 10 bis $12^1/_2$mal so große Umdrehungszahl als bei der Göpelwelle.

Neuerdings ist es vorgeschlagen worden, diese alte Construction in etwas abzuändern, um derartige Göpel ohne besonderes Gebäude anwenden zu können. Es soll nämlich das große Stirnrad einen stärkeren Durchmesser als die Rennbahn erhalten, um derselben zugleich als Dach zu dienen; wir wollen jedoch auf diese unbequeme Construction nicht näher eingehen, sondern uns den eisernen Pferdegöpeln zuwenden, bei denen der Mechanismus unter den Schwengeln liegt und auf einer einzigen Platte basirt ist.

### Gußeiserner Göpel mit mehreren Schwengeln und darunterliegender einfacher Transmission.

Fig. 1 auf Taf. 27 zeigt im Durchschnitt einen solchen Göpel aus der Fabrik von Albaret & Co. in Liancourt, anwendbar mit 2 oder 3 Schwengeln.

Dieser Göpel, welcher keinen weiteren Stützpunkt als den Boden besitzt, ruht auf einer dreiarmigen Fundamentplatte A, auf welche drei entsprechende Bügel B aufgeschraubt sind, welche zur Führung der das conische Rad D und die Armhülse E für die 3 Schwengel F tragenden Welle C dienen. Der eine der Arme der Fundamentplatte A endigt in eine Erweiterung mit rectangulärem Loche, in welchem das an der liegenden Welle H zwischen den beiden Lagern a reitende Getriebe G untergebracht ist. Letztere Welle, welche unter der Rennbahn hingeführt und bis zu der zu betreibenden Maschinerie verlängert ist, trägt dann am Ende das erste Organ zur weiteren Transmission, ein Zahnrad oder eine Riemenrolle. Sie liegt in einem ausgemauerten und mit Pfosten zugedeckten Graben und auch der ganze Göpelmechanismus wird mit einer ringförmigen Mauer umgeben und mit einer Bretterdecke b aus mehreren Theilen geschlossen, um gegen den Staub und Regen geschützt zu sein.

Dieser einfache Göpel ist schon eine sehr wesentliche Verbesserung der alten Göpel, ob er gleich der liegenden Welle H nur eine geringe Geschwindigkeit mittheilt. Diese Geschwindigkeit läßt sich natürlich durch das weitere Vor-

gelege beliebig steigern. Ehe wir auf die weiteren Verbesserungen der Pferdegöpel eingehen, wollen wir einige Erklärungen über diejenigen accessorischen Bestandtheile geben, auf denen diese Verbesserungen besonders beruhen.

Bei der Umsetzung der Bewegung aus der horizontalen Drehung des Schwengels in die horizontale Drehung der Welle H sind conische Vorgelege nicht zu vermeiden, und es sind besondere Vorkehrungen nöthig, um zu verhüten, daß das große Rad D nicht weist oder oscillirt und also zeitweise außer Eingriff kommt, wodurch Brüche herbeigeführt werden können. Man läßt dieserhalb den Kranz dieses Rades etwas über die Zähne hervortreten und dreht ihn auf der Rückseite ab, bringt auch am Gerüste B oberhalb des Getriebes G zwei Röllchen c an, welche an gegabelten und durch Schraubengewinde stellbaren Stangen sitzen und das Rad D zum richtigen Eingriff in das Getriebe G nöthigen, ohne dabei dessen freie Bewegung an anderen Stellen des Umfanges zu hindern. Der hervortretende Rand des Kranzes gestattet die Anwendung einer feineren Theilung, in so fern er die Widerstandsfähigkeit der Zähne verstärkt, und zwingt Letztere zugleich zum richtigeren Eingriff. Um aber auch dem Uebelstande vorzubeugen, daß bei Abnutzung des Zapfens der Welle C das Rad D nicht zu tief in das Getriebe eingreife, ist die Pfanne d dieses Zapfens mittelst Ohrflanschen auf mehreren gegen die Platte A drückenden Schrauben e aufgehangen, sodaß man durch Anziehen dieser Schrauben jederzeit die richtige Höhe des Rades wieder herstellen kann. Der Zapfen ist leicht zu schmieren und steht auf zwei linsenförmigen stählernen Spurplatten, damit er sich selbst dann noch leicht dreht, wenn einmal das Schmieren versäumt worden ist.

Um bei der liegenden Welle H eine leidliche Umdrehungszahl zu erzielen, sind die Schwengel F so kurz als möglich, nämlich bis zum Drehnagel der Deichsel nur 2,9 Meter lang gemacht worden; der mechanische Hebelarm ist noch kleiner, weil die Schwengel, welche die möglichst tiefe Lage erhalten haben, nach außen ansteigen. Bewegen sich die Pferde im Schritt mit 0,9 Meter Geschwindigkeit, so ergiebt sich hieraus für die Welle C

$$\text{die Umdrehungszahl } \frac{0{,}9 \cdot 60}{2\pi \cdot 2{,}9} = 2{,}96$$

oder ungefähr 3 Umdrehungen pro Minute. Da ferner das große Rad D 1,46 und das Getriebe G 0,275 Met. Durchmesser besitzt, so macht die Welle H

$$3 \cdot \frac{1{,}46}{0{,}275} = 16 \text{ Umdrehungen pro Minute.}$$

Setzt man die Zugkraft eines Pferdes = 45 Kil., so ergiebt sich der Druck zwischen den Zähnen zu

$$3 \cdot 45 \cdot \frac{2{,}9}{0{,}73} = 536{,}3 \text{ Kil.}$$

Wegen des schiefen Abziehens der Pferde, deren Länge vom Befestigungspunkte der Deichsel bis zu den Vorderbeinen zu 2,9 Meter angesetzt werden kann, muß man aber noch mit

$$\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2{,}9}\right)^2} = 0{,}938$$

multipliciren, woraus sich der Druck zu 503 Kil. berechnet. Hiernach kann man beurtheilen, welche Sicherheit der Constructeur gegeben hat, denn

| | | | |
|---|---|---|---|
| der kleinste Durchmesser der stehenden Welle mißt | | 80 | Millim. |
| der Zapfen derselben | „ | 50 | „ |
| die Zapfen der liegenden Welle | „ | 45 | „ |
| die Zahnstärke | „ | 16 | „ |
| die Zahnbreite | „ | 95 | „ |
| die Breite der Schwengel | „ | 120 | „ |
| die Höhe „ „ | „ | 150 | „ |

Wegen der geringen Geschwindigkeit der liegenden Welle eignen sich solche Göpel nicht wohl zum Betrieb landwirthschaftlicher Maschinen mit 300 bis 500 Umdrehungen, weil dann die weitere Uebersetzung genirt. Man hat sich also bemüht, Göpel zu construiren, welche unmittelbar eine viel größere Umdrehungszahl realisiren, damit dann ein einziges Riemenvorgelege zum Betrieb der Arbeitsmaschine ausreicht. Es wäre unmöglich, alle diese verschiedenen Constructionen zu beschreiben, doch wollen wir im Nachstehenden die wichtigsten Typen vorführen. Man kann dabei 2 Classen unterscheiden, nämlich Göpel mit unter den Schwengeln liegender Transmission und Göpel mit Mittelsäule.

### A. Göpel mit untenliegender Transmission.

#### Göpel mit zwei verticalen Wellen (Fig. 2 bis 5).

Dieser dem vorstehend beschriebenen sehr ähnlich gebaute Göpel zeigt eine Umsetzung mehr, mittelst deren eine bedeutend größere Umdrehungszahl der liegenden Welle erzielt wird. Das Ganze ruht auf einer Fundamentplatte A und die Hauptwelle C des Göpels wird in einem Halslager geführt, das von einem in der Mitte des Göpels über die Grube gelegten gußeisernen Balken getragen wird. An dieser Welle sitzt ein Stirnrad D, welches ein Getriebe G an einer zweiten stehenden Welle treibt, und Letztere wird durch ein Fußlager auf der Fundamentplatte und ein in dem bogenförmigen, auf derselben Platte aufgeschraubten Gerüste H liegendes Halslager geführt. Sie trägt noch ein Winkelrad I, welches in das an der liegenden Welle K sitzende Getriebe J eingreift.

Fig. 4 zeigt diese Vorgelege im Detail und es ergiebt sich daraus, daß das erste Vorgelege eine 10fache, das zweite eine 4fache Uebersetzung giebt, und daß die Welle K bei 2,5 Umdrehungen der Schwengel 4 . 10 . 2,5 = 100 Umdrehungen machen wird.

Es würde nicht unmöglich sein, der liegenden Welle K auf diesem Wege noch eine größere Umdrehungszahl zu geben; denn wenn man den Durchmesser des conischen Rades I noch etwas größer nähme, so würde dies nur eine unbedeutende Vergrößerung des Apparates zur Folge haben. Da die Schwengel 3,5 Met. lang sind, so ergiebt sich, wenn man den Einfluß des schiefen Abziehens der Pferde vernachlässigt, der Druck zwischen den Zähnen des ersten Vorgeleges zu $2 . 45 . \frac{3,5}{0,75} = 420$ Kil. und zwischen den Zähnen des conischen Vorgeleges zu $\frac{420}{4} = 105$ Kil. Hiernach sind die Zähne des Stirnradvorgeleges, welche nur 16 Mill. stark und 95 Mill. breit sind, etwas schwach, was jedoch bei so langsamem Gange unbedenklich erscheint.

Was die Befestigung der Schwengel an der Göpelwelle betrifft, so sind hierzu gußeiserne Kästchen an einer Nabe E angewendet, was den Nachtheil haben kann, daß die Arme locker werden, wenn sie zusammentrocknen. Besser ist die Befestigung von Duvoir, wo an der Welle ein Keil a von rhomboidaler Gestalt angebracht ist, gegen welchen die Schwengel durch Schrauben angezogen werden (Fig. 5). Hierbei tritt aber der Uebelstand ein, daß die Welle höher werden muß, denn da die beiden Schwengel eine horizontale Linie bilden müssen, so muß die Welle bis zur Höhe der Deichsel hinausragen.

Bei den zeither beschriebenen Göpeln sind die Pferde mittelst Zugscheit und Strängen angespannt gewesen, wodurch einestheils der Vortheil einer kurzen Göpelwelle und anderntheils der Nutzen erzielt wird, daß die Pferde ganz in der gewohnten Weise angespannt sind. Wegen der Freiheit der Bewegung, welche die Pferde bei dieser Anspannung genießen, wäre man nicht sicher, daß sie sich in der beabsichtigten kreisförmigen Bahn bewegen würden, wenn man nicht den Kopf oder Kummt durch Riemen mit einer in der Mitte der Welle befestigten Stange L verbände.

Die directe Anspannungsweise mittelst eines Halsringes verlangt eine hohe Lage des Schwengels, wie sie bei den ältesten Pferdegöpeln Sitte war. Jeder Schwengel ist dann mit einem hölzernen oder eisernen Bügel versehen, welcher über den Kummt des Pferdes greift, und in diesem Falle muß das Pferd ohne Weiteres sich richtig im Kreise bewegen. Um der bei dieser Anspannungsweise unvermeidlichen stärkeren Ermüdung der Pferde vorzubeugen, hat Loriot den Vorschlag gemacht, den Schwengel in der Höhe der Brust anzubringen und mit zwei eine Gabel bildenden Seitenstücken zu versehen, zwischen denen das Pferd ginge und mittelst eines Stranges angespannt wäre, dessen Enden am Kummt befestigt und über vier an den drei Seiten der Gabel angebrachte Röllchen gelegt wären. In diesem Falle würde das Hintertheil des Pferdes ganz frei sein und das Vordertheil könnte sich nach links oder rechts ablenken, ohne deshalb schlechter zu ziehen.

### Göpel mit zwei horizontalen Wellen. (Fig. 6 und 7.)

In diesen Figuren ist ein beinahe transportables oder nur halb feststehendes System von Pferdegöpeln dargestellt, welches in England häufig angewendet wird. Es ruht auf einem hölzernen Rahmwerk A, welches auf dem Boden durch Pfähle festgehalten wird, und besteht zunächst aus einem an der Rosette der Schwengel angegossenen Winkelrade D, welches das Getriebe G an der horizontalen Welle H treibt. Letztere Welle überträgt die Bewegung mittelst des Stirnrades I und Getriebes J auf die über den Pferdegöpel hinausgehende horizontale Welle K. Bemerkenswerth ist namentlich die Befestigung des großen Winkelrades D; es ist nämlich hier statt der eigentlichen Göpelwelle eine gußeiserne Säule C angewendet, welche einen Zapfen trägt und über welche das Rad gestülpt ist, dessen Nabe das Futter und die Spurplatte des Zapfens umschließt. Die Schmierung des Zapfens erfolgt bequem von oben und diese Aufhängung des ersten Vorgelegsrades bietet mancherlei Vortheile, nur müssen ein Paar Röllchen c angebracht werden, welche den richtigen Eingriff der Vorgelegsräder sichern.

Bezüglich der liegenden Welle K ist noch zu bemerken, daß dieselbe nicht ebenso einfach eingerichtet werden kann, als bei den vorher beschriebenen feststehenden Göpeln, weil es nicht immer möglich sein wird, ihr eine so sichere Lage zu geben. Man läßt sie daher an der Arbeitsmaschine mittelst eines Universalgelenkes angreifen, was hier ein für allemal bemerkt sein mag. Die Uebersetzung ist bei diesem Göpel ebenfalls eine vierzigfache.

### Englischer Göpel mit Säulengerüst. (Fig. 8 und 9.)

Unter den zahlreichen Constructionen halb feststehender und unmittelbar starke Geschwindigkeiten ergebender Pferdegöpel dürfte keine originellere zu finden sein, als die Construction von Barrett, Andrews und Exall, welche sich vor allen durch den geringeren Raumbedarf auszeichnet. Das den ganzen Mechanismus umschließende Säulengerüst hat nur 55 Cent. Durchmesser und ebensoviel Höhe; es ist oben mit einem an der Seite und auf der Oberfläche abgedrehten Rande versehen, auf welchem der gußeiserne Ring E mit den drei Kästchen zur Befestigung der Schwengel F ruht und in Folge seines übergreifenden Randes sich centrisch darum dreht. Dieser Ring dient zugleich mit zur Führung der stehenden Welle H, welche am unteren Ende mit ihrem Zapfen in einem Fußlager steht, das an ein Kreuz am Gerüste angegossen ist. Die Welle trägt das Winkelrad I, welches das Getriebe J an der liegenden Welle K treibt und Letztere ruht in ein Paar am Säulengerüst an-

gegossenen Lagern a, a' und trägt am Ende ein Universalgelenk B.

Der obere Theil des Gerüstes ist mit einer inneren Verzahnung D versehen, welche angegossen ist. In dieselbe greifen drei gleichmäßig am Umfange vertheilte Getriebe G', welche lose auf den im gußeisernen Ringe E befestigten Axen C reiten, und in diese Getriebe greift auch das fest an der Göpelwelle H steckende Stirnrad G ein, wie dies noch deutlicher aus Fig. 9 zu erkennen ist. Wenn also der Ring E durch die Schwengel gedreht wird, so nimmt er die drei Getriebe G' mit und diese müssen sich also auch um ihre Axen drehen, wodurch dann wieder das Stirnrad G in der Mitte und die Welle H gedreht wird. Zwar wäre nur ein Getriebe G' erforderlich, doch vertheilt sich bei drei Getrieben der Druck auf die Welle in der Mitte besser.

An dem Ringdeckel E befindet sich eine hohe Rippe b, in welcher die Kammern für die Getriebe G' und die Naben für deren Axen C angebracht sind. Letztere gehen oben durch die Scheibe des Ringes hindurch und sind mit aufzuklappenden Deckeln versehen, damit man sie schmieren kann. Solch ein Deckel befindet sich auch über dem oberen Zapfen der Göpelwelle. Um den am Gerüste angegossenen Zahnring und die Getriebe schmieren zu können, sind in dem Ringe E drei Oeffnungen e angebracht, und um zu verhindern, daß der Ring nicht abgehoben werde, ist unten eine Blechscheibe f vorgeschraubt.

Zur Sicherung des Eingriffes zwischen den conischen Rädern I und J sind zwei Röllchen c vorhanden.

Das Universalgelenk ist hier aus einem gabelförmigen Gußstück B und einem gegossenen Kreuz g, g gebildet, durch welches zwei schmiedeeiserne Bolzen gesteckt sind.

Die Geschwindigkeit berechnet sich aus folgenden Daten:

| | | |
|---|---|---|
| Theilkreisdurchmesser des festen Zahnringes | 550 | Mill. |
| „ „ mittelsten Stirnrades | 150 | „ |
| „ „ großen Winkelrades | 485 | „ |
| „ „ kleinen „ | 100 | „ |

Hiernach macht die Welle K bei 2,5 Umdrehungen des Ringes E mit den Schwengeln

$$2{,}5 \cdot \frac{550}{150} \cdot \frac{485}{100} = 44{,}5 \text{ Umdrehungen}$$

und man ersieht, daß diese Construction zwar bezüglich der Form sehr zweckmäßig ist, aber keine genügende Umdrehungszahl giebt und ziemlich kostspielig ausfällt.

## B. Göpel mit Mittelsäule.

Der Umstand, daß bei den letztbeschriebenen Pferdegöpeln die liegende Welle in einem Canale unter der Rennbahn gelagert und, wenn nicht eine vollkommen horizontale Aufstellung vorgenommen wird, mit doppelter Gelenkkuppelung versehen werden muß, macht diese Construction wenig geeignet für transportable Göpel und veranlaßte den Maschinenbauer Pinet zu Abilly (Dep. des Indre und der Loire) eine Construction zu versuchen, bei welcher die liegende Welle ganz wegfällt und die Transmission vom obern Ende einer Welle in der Mitte des Göpels ausgeht, jedoch nicht wie bei den alten Pferdegöpeln, wo die Göpelwelle selbst dazu diente, sondern von einer schnell laufenden Vorgelegswelle aus.

### Pinet's Göpel. (Fig. 10 und 11.)

Dieser Göpel zeichnet sich aus durch eine hohle gußeiserne Säule, deren unteres Ende die Tragfläche für das sich darauf drehende große Rad des ersten Vorgeleges abgiebt, und in welcher sich die letzte Vorgelegswelle K befindet. Sie steht auf einer gußeisernen Fundamentplatte A, welche auf eine Holzunterlage aufgeschraubt ist und auch die andern Theile des Göpels trägt.

Das Stirnrad D ist mit den Armhülsen für die Schwengel F aus einem Stück gegossen und durch die Schrauben e mit den Schwengeln verbunden, welche sich überdies gegen zwei Anschläge f am Umfange des Rades anlegen. Dieses Rad greift in ein Getriebe G, welches mit dem dritten Stirnrade I aus einem Stück gegossen ist und sich mit ihm um eine Axe H dreht, welche durch die Fundamentplatte hindurchgeht und im Holzwerk befestigt ist. Das Rad I greift durch einen Einschnitt im Sockel der Mittelsäule B hindurch und treibt das an der Welle K sitzende Getriebe J, sodaß die vom Mittelpunkte ausgegangene Bewegung zuletzt wieder in den Mittelpunkt zurückkehrt. Die Mittelsäule erfüllt den doppelten Zweck, dem ersten Stirnrade D als Axe und der Welle K des letzten Getriebes f als Halslager zu dienen.

Das Rad D ruht mit seiner Nabe auf einem am Fuße der nach oben stark abnehmenden Mittelsäule angegossenen Rande und das obere, schmierlochähnlich geformte Ende seiner Nabe ist mit einem Blechdeckel b geschlossen. Die Welle K steht mit ihrem Zapfen in einem an der Fundamentplatte angegossenen Fußlager und läuft in einem das obere Ende der Mittelsäule schließenden bronzenen Halslager a; übrigens ist sie so hoch, daß die oben aufgesteckte Riemenscheibe E, durch welche die Bewegung an die Arbeitsmaschine übertragen wird, höher als der Kopf der Pferde liegt.

Letztere Riemenscheibe sitzt übrigens nicht ganz fest an der Welle; da nämlich animalische Kräfte keine ganz constante und regelmäßige Wirkung geben, und dagegen die von den Pferdegöpeln getriebenen Maschinen oft mit großen Schwungmassen verbunden sind, so würde es gefährlich sein, sie plötzlich anhalten oder in Gang setzen zu wollen, wie es beim plötzlichen Stillstande oder Anziehen eines Pferdes erfolgen würde, und viele Maschinenbauer verbinden daher die letzte Riemenscheibe E mit der Welle nur mittelst eines

Sperrrades (Fig. 11). Die Welle trägt nämlich ein festgekeiltes Sperrrad d, auf welchem die Riemenscheibe E lose reitet, jedoch mittelst des Sperrhakens e mitgenommen wird, wenn die Bewegung nach der richtigen Seite hin erfolgt. Die Riemenscheibe wird dann nur in Bewegung gesetzt, so lange ihre Geschwindigkeit nicht größer ist, als diejenige der Welle, und so lange Letztere sich in der bestimmten Richtung dreht. Würde die Welle langsamer gehen, so könnte die Riemenscheibe immer fortlaufen.

Ehedem wendete Duvoir bei den in Fig. 2 und 3 dargestellten Göpeln eine Kuppelung an, welche aus zwei Muffen mit schraubenförmigen Zähnen und Spiralfeder bestand und die Welle K mit dem das Getriebe J tragenden Stücke verband. Später versuchte er zu demselben Zwecke Kautschukpuffer, welche zwischen den Mitnehmer eingeschoben waren.

Als Vorzug des Pinet'schen Göpels kann bezeichnet werden, daß dazu keine conischen Räder erforderlich sind, aber freilich wird dieser Vortheil zum Theil wieder dadurch aufgewogen, daß die treibende Riemenscheibe horizontal liegt, während die getriebene in der Regel vertical stehen wird, daß also der Riemen geschränkt werden muß. Uebrigens erzielt dieser Göpel eine viel größere Geschwindigkeit als der vorige und ist sehr leicht gebaut. Man vermißt vielleicht die nöthige Stabilität, zum wenigsten bei den festen Theilen, auch sind die Nachtheile nicht zu übersehen, welche daraus hervorgehen, daß mit sehr wenigen Rädern eine sehr starke Umsetzung erzielt ist; starke Umsetzungsverhältnisse erzeugen stets schweren Gang und starke Reibungen, sowie Drücke, welche um so nachtheiliger sind, wenn die Axen (wie H) nur einseitig geführt sind.

Das erste Vorgelege hat die Theilkreisdurchmesser 1,25 und 0,21 Meter, das zweite 1,32 und 0,14 Meter, folglich macht die Riemenscheibe E bei 2,5 Umgängen der Schwengel in der Minute

$$2{,}5 \cdot \frac{1{,}25}{0{,}21} \cdot \frac{1{,}32}{0{,}14} = 140{,}3 \text{ Umgänge.}$$

### Göpel mit Mittelsäule und conischem Vorgelege (Fig. 12 und 13).

Das in Fig. 12 dargestellte Göpelwerk scheint uns den bezüglich des guten Ganges, der Solidität und der leichten Aufstellbarkeit an einen derartigen Motor zu stellenden Anforderungen vorzüglich zu entsprechen, ist auch von verschiedenen Maschinenbauern in solchen Fällen angewendet worden, wo die Besteller die Kosten nicht gescheut haben. Es besitzt eine solide Mittelsäule, welche mittelst dreier Füße B' auf einer Fundamentplatte A befestigt ist, die ihrerseits auf einem hölzernen Rahmwerk ruht. Das untere Ende der Säule ist abgedreht und nimmt die Nabe eines gußeisernen Tellers D auf, an dessen Wölbung die Kästchen zur Aufnahme der Schwengel angegossen sind, während der Rand einen angegossenen Ring mit innen vorstehenden Zähnen trägt. Am obern Ende der Säule befindet sich ein Hut mit zwei Consolen L für die Lager der zweiten Welle K, welche durch conisches Vorgelege getrieben wird. Im Innern der Säule dreht sich nämlich eine verticale Welle H mit einem conischen Rade am Ende, welches in das Getriebe der Welle K greift. Um diese Welle H zu bewegen, ist unter dem Teller, welcher direct von den Schwengeln getrieben wird, eine Axe b aufgestellt mit einem losen Hilfsrade G, welches sowohl in die Zähne des Zahnringes D, als in diejenigen des an der Welle selbst sitzenden Getriebes G' eingreift, und es wird auf diese Weise, ebenso wie bei dem vorigen Göpel, die Bewegung vom Umfange nach der Axe hin fortgepflanzt.

Diese Construction ist dadurch bemerkenswerth, daß die Basis keinen über den Raum des Tellers hervortretenden excentrischen Theil zeigt, und es würde also von dem beweglichen Mechanismus Nichts sichtbar sein, wenn nicht des Schmierens halber einige Oeffnungen im Teller angebracht werden müßten.

Wie man sieht, ruht der Teller auf einem schmalen Rande der Säule, hauptsächlich aber auf vier Röllchen am Umfange, deren Axen in Lagern am Fußgestell liegen. Damit er nicht oben ausgehoben werden kann, ist ein auf die Säule aufgeschobener und daran angeschraubter Ring d über dem Teller angebracht, welcher zugleich die Schmierrinne verdeckt, durch welche die Nabe des Tellers geschmiert wird.

Auch der Hut L steckt frei auf dem obern Ende der Säule, welches außen abgedreht und mit einer kleinen Schulter versehen, innen aber für das Halslager a ausgebohrt ist. Die Welle K trägt eine Riemenscheibe E, durch welche die Bewegung weiter übertragen wird, und da der Hut L sich beliebig um die Säule drehen kann, so kann man die Riemenscheibe gehörig orientiren, ehe man den Hut durch eine Preßschraube feststellt.

Bisweilen ist auch die Welle K an beiden Enden über die Lager hinaus verlängert und mit zwei Riemenscheiben von verschiedenen Durchmessern versehen, sodaß man die Gelegenheit hat, die Geschwindigkeit zu ändern. Loriot hat zur Ausführung dieser Bewegung die Anbringung eines Wurmrades in der Nabe des Hutes empfohlen, welche in ein Getriebe an der Säule eingreift.

Duvoir hat einen ähnlichen Pferdegöpel gebaut, welcher auf einem Wagen steht und daher ganz portativ ist und noch eine anderweite Modification zeigt, die wir mit Hilfe von Fig. 13 beschreiben wollen. Hier ist der Hut mit den Consolen an die Säule angegossen, welche dagegen oberhalb des beweglichen Tellers D getheilt ist, um diesen aufstecken zu können. Das untere Ende der Mittelsäule ist ein wirkliches Armkreuz B mit cylindrischem Zapfen zur

Aufnahme der Nabe des beweglichen Tellers und der Zapfen ragt soviel über die Nabe hervor, daß der Fuß der Säule B aufgesteckt und mit Schrauben e daran befestigt werden kann. Es erscheint jedoch die erst beschriebene Methode zweckmäßiger, weil die Spannung des Riemens, welche eine Biegung zu erzeugen trachtet, im letzteren Falle an einem längeren Hebelarme wirkt, als bei der in Fig. 12 dargestellten Anordnung.

Was die Geschwindigkeitsübertragung anlangt, so ergiebt sie sich aus Folgendem. Der Theilkreis des großen Zahnkranzes hat 1,60 Met. Durchmesser und das Getriebe G' 0,2 Meter. Ersteres hat 130, Letzteres 16 Zähne. Die Winkelräder I und J besitzen 60 und 12 Cent. Durchmesser oder 70 und 14 Zähne, folglich erhält man für 2,5 Umdrehungen der Schwengel

$$2{,}5 \cdot \frac{130}{16} \cdot \frac{70}{14} = 101{,}56 \text{ Umgänge der Welle K.}$$

Göpelconstruction von Tritschler in Limoges. (Fig. 14, 15, Taf. 28.)

Diese Construction bezweckt hauptsächlich eine bessere Ausgleichung der Seitenkräfte als bei anderen Constructionen, wo immer ein Theil der Axen nicht genügend gestützt ist; außerdem zeichnet sie sich dadurch aus, daß sie sehr wenig Raum in Anspruch nimmt. Wie die Figuren 14 und 15 der Tafel 28 zeigen, besitzt dieser Göpel ein verticales Gerüst B, welches sich um einen Zapfen C dreht. Letzterer ist oben cylindrisch gestaltet und steckt mit dem conischen Ende in einem gußeisernen Fuße A, welcher auf einem gemauerten Fundamente oder einem hölzernen Rahmen festgeschraubt wird. Um den Zapfen C dreht sich zunächst das Kreuzstück E für die Schwengel, welches mit dem ersten Stirnrad D aus einem Stück gegossen ist. Letzteres greift in die beiden, diametral gegenüber angebrachten gleichen Getriebe G, G', deren Wellen mittelst zweier conischer Vorgelege I J und I' J' die horizontale Welle K mit dem großen Stirnrade L treiben und durch dieses wird das Getriebe M an der Welle der Riemenscheiben O und O' in Umdrehung versetzt. Die Transmission bedarf keiner weiteren Erklärung, doch wollen wir auf die sinnreiche Art hinweisen, wie die entgegengesetzte Drehung der Getriebe G, G' an die Welle K fortgepflanzt wird. Durch die Anordnung zweier Wellen H, H' werden die Seitendrucke vermieden; diese Wellen stehen übrigens auf Stahlpfannen, welche durch die am Gerüste und den Halslagern b hängenden Bügel a getragen werden.

Die Umsetzung ergiebt sich aus folgenden Ziffern:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Durchmesser | des Rades | D | 0,51 | Meter. |
| „ | der Getriebe | G, G' | 0,16 | „ |
| „ | des Winkelrades | L | 0,86 | „ |
| „ | des „ | M | 0,14 | „ |

Wenn daher die Schwengel 2,5 Umgänge pro Minute machen, so macht die Welle der Riemenscheiben:

$$2{,}5 \cdot \frac{0{,}51}{0{,}16} \cdot \frac{0{,}86}{0{,}14} = 101{,}15 \text{ Umgänge.}$$

Pferdegöpel von Champonnois. (Fig. 16 und 17, Taf. 28.)

Wie die Figuren erkennen lassen, zeichnet sich diese Construction durch Raumersparniß aus. Auch hier dient eine hohle Säule B als Zapfen für die sich um dieselbe drehende Nabe E der Schwengel F sammt dem angegossenen Stirnrade D, zur Fortpflanzung der Bewegung ist aber eine verticale Welle H benutzt, welche unten durch den auf die Mittelsäule B aufgesteckten gußeisernen Arm Q, oben durch ein an dem beweglichen Hute P angegossenes Halslager R geführt wird und am unteren Ende das Getriebe G, am obern Ende das Stirnrad I trägt. Letzteres greift in das auf dem oberen Ende der Mittelsäule reitende Getriebe J, an dessen Nabe das Winkelrad L angegossen ist, und überträgt dann mit Hilfe des conischen Getriebes M die Bewegung an die horizontale Welle N mit der Riemenscheibe O, welche durch die Consolen P des Hutes getragen wird.

Bemerkenswerth ist die einfache Einrichtung der Schwengelnabe E, indem dieselbe blos mittelst einer ringförmigen Wulst in einer am Fuße ausgedrehten Rinne ruht, während die Schmiere durch die Hohlung des trommelförmigen Rades D zufließt. Ebenso verdient die Aufhängung des doppelten Getriebes I L auf der Spitze der Säule K eine Erwähnung, wozu das darin liegende Stahlplättchen a dient, welches von oben geschmiert werden kann. Die Welle H steht in dem Arme Q blos mittelst des darauf befestigten Ringes b auf.

Die Zahnräder haben so geringe Durchmesser, daß sie trotz der großen Breite schon einem sehr hohen Drucke ausgesetzt sind, wenn auch nur ein Pferd angespannt ist. Bei einer Schwengellänge von 3,5 Meter erhält man nämlich den Druck zwischen den Zähnen der Räder D und G = $45 \cdot \frac{3{,}5}{0{,}175} = 900$ Kilogr. und das Rad D hat Zähne von 20 Mill. Stärke und 150 Mill. Breite. Die Durchmesser der Räder sind folgende:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Durchmesser | des | Rades | D | 0,35 | Meter, |
| „ | „ | „ | G | 0,15 | „ |
| „ | „ | „ | I | 0,38 | „ |
| „ | „ | „ | J | 0,12 | „ |
| „ | „ | „ | L | 0,36 | „ |
| „ | „ | „ | M | 0,145 | „ |

daher findet eine $\frac{0{,}35}{0{,}15} \cdot \frac{0{,}38}{0{,}12} \cdot \frac{0{,}36}{0{,}145} = 18{,}34$ fache Um-

setzung statt und die Riemenscheibe wird 45,85 Umgänge machen, wenn die Pferde 2 Umdrehungen pro Minute machen.

## C. Portative oder locomobile Pferdegöpel.

Bei der Beschreibung der bereits abgehandelten Pferdegöpelconstructionen hat sich gezeigt, daß sie größtentheils auf einer Grundplatte fundirt sind und daher sehr leicht versetzt werden können; es giebt jedoch noch eine besondere Klasse von Pferdegöpeln, bei welchen diese Eigenschaft noch mehr hervortretend ist, weil der Mechanismus derselben auf einem Wagen angebracht ist, der jederzeit an den Ort, wo der Göpel gebraucht werden soll, gefahren werden kann. Von diesen wollen wir hier mehrere, dem Hause Albaret u. Comp. eigenthümliche Constructionen vorführen.

### Fahrbarer Pferdegöpel mit Mittelsäule. (Fig. 18 und 19, Tafel 28.)

Obgleich der hier dargestellte Göpel einen Mangel besitzt, wie die Constructeurs durch die Praxis kennen gelernt haben, ziehen wir es doch vor, diesen zu beschreiben, als auf den von Herrn Duvoir nach Art von Fig. 12 und 13 auf Taf. 27 ausgeführten transportabeln Göpel einzugehen, da Letzterer zu wenig von der früher beschriebenen Construction abweicht. Beim ersten Anblick scheint sich auch die in Fig. 18 und 19 dargestellte Construction nur unbedeutend davon zu unterscheiden, doch ist der Unterschied in der That nicht ganz unwesentlich und namentlich die Uebersetzung der Geschwindigkeit eine viel stärkere.

Die Mittelsäule B mit den angegossenen Consolen P steht mit vier Füßen A auf den Bäumen des Wagens Q fest und zeigt eine Hohlung, in welcher sich das an der stehenden Welle K im Innern der Saule sitzende Stirnrad J dreht. Letzteres wird durch ein Rad I getrieben, das mit dem Getriebe G an einer und derselben stehenden Welle H sitzt, und das Getriebe G greift in das erste Treibrad D, dessen Anordnung besonders hervorzuheben ist.

Dieses Rad, welches mit den drei Schwengeln fest verbunden ist, besitzt nämlich keine Arme und dreht sich nicht um die Mittelsäule, sondern es wird bei seiner Kreisbewegung blos durch Rollen C, c und c' geführt, von denen die einen es centrisch erhalten, die andern es oben und unten stützen und gegen Seitenschwankungen bewahren. Auf diese Weise war es möglich, die zu einer starken Uebersetzung erforderlichen Räder unterzubringen, andererseits liegt aber auch in dieser Aufstellung der Fehler des Arrangements, denn man kann trotz aller Sorgfalt, welche auf die Aufstellung dieser Röllchen verwendet wird, von denen ein Theil außen und ein Theil innen angebracht ist, nicht verhindern, daß sie sich abnutzen, wodurch dann die centrische Führung aufhört und alles in Unordnung kommt.

Hiervon abgesehen ist die Anwendung eines solchen transportabeln Göpels eine sehr bequeme. Man fährt ihn mit denselben Pferden, welche ihn später zu bewegen haben, beliebig dahin, wo man ihn verwenden will, und hält ihn dann an Ort und Stelle durch Schleifen der Räder u. dergl. fest. Was die erzielte Umdrehungszahl der Welle N betrifft, so berechnet sie sich nach den eingeschriebenen Maaßen (Fig. 18) bei 2,5 Umgängen auf 250.

Der in Fig. 19 dargestellte Göpel zeigt dieselbe Aufstellung des Zahnkranzes D, ist aber einfacher, indem die Transmission nicht im Innern der Mittelsäule B erfolgt, und blos für 2 Pferde eingerichtet. Die erste Axe H trägt unten das direct bewegte Getriebe G und oben ein conisches Rad I; sie befindet sich außerhalb der Mittelsäule und wird von zwei an Letztere angegossenen Consolen oder Armen A und L gehalten. Am obern Ende der Mittelsäule ist noch eine zweite Console L' angebracht, welche zur Lagerung des äußeren Endes der Welle K der Riemenscheibe dient, während das innere Ende dieser Welle durch ein in der Verlängerung der Mittelsäule aufgestelltes Lager getragen wird.

Die blecherne Decke a am Fuße der Mittelsäule dient blos zum Schutz der Räder D und G und liegt auf der Mittelsäule locker auf.

### Fahrbarer Göpel mit untenliegender Transmission. (Fig. 20, Taf. 28.)

Albaret u. Comp. bauen mit vielem Erfolg einen Göpel, bei welchem die Transmissionswelle unter dem Wagen liegt. Derselbe ist in Fig. 20 dargestellt und man sieht, daß hier das erste Rad D mit seiner Nabe über einen hohlen Zapfen C gestülpt ist, welcher durch vier Beine A an den Bäumen des Wagens befestigt ist. In dem einen der Beine ist auch die Axe H befestigt, welche oben das erste Getriebe G und unten ein conisches Rad I trägt, und Letzteres treibt das Getriebe J an der Transmissionswelle K, welche in Lagern a unter dem Wagen ruht. Um einen regelmäßigen Eingriff des mit den Schwengeln E verbundenen Zahnringes D in das Getriebe G zu sichern, ist noch die Rolle c, und um dem Ausheben des Rades D vorzubeugen, der Ring b am obern Ende des hohlen Zapfens C angebracht.

Da hier die Transmissionswelle K hoch über den Boden zu liegen kommt, so muß sie nahe am Wagen durch Universalgelenk mit einer Zwischenwelle gekuppelt werden, welche sich so weit niederbiegt, daß die Pferde darüber hinwegschreiten können. Diese Welle macht übrigens ungefähr 80 Umgänge pro Minute.

### Fahrbarer Göpel von Lavie. (Fig. 21.)

Diese Construction ist als sehr originell zu bezeichnen und unterscheidet sich ganz von den zeither beschriebenen Systemen.

Als Träger für die beweglichen Theile dient hier ein lyraförmiges Gußstück B mit einem cylindrischen Zapfen C, welcher in dem röhrenförmigen und auf dem Wagen Q aufgeschraubten Sockel A befestigt ist. Auf diesem Gerüste liegen zwei Wellen H und K, welche einander durch das Vorgelege IJ treiben, und von denen die Letztere die Riemenscheibe O zur Abgabe der Bewegung an die Arbeitsmaschine trägt.

Die Welle H, an derem Ende das conische Getriebe G steckt, wird durch den conischen Zahnkranz D getrieben, welcher auf sechs halbkreisförmig gebogenen Armen sitzt und durch dieselben mit der Nabe der Schwengel E verbunden ist. Von diesem durch die Schwengel mitgenommenen und sich um den Zapfen C drehenden Rade aus wird die Bewegung auf das übrige Räderwerk übertragen und die Welle K macht bei 2,5 Umgängen der Schwengel ungefähr 110 Umdrehungen pro Minute.

Noch wollen wir auf das Sperrrad a aufmerksam machen, dessen Wirkungsweise bereits früher besprochen worden ist; dasselbe stellt bei normalem Gange die Verbindung zwischen dem Rade I und der Axe H her.

Als bedenklich erscheint uns die geringe Stabilität des Gerüstes, welches dem Torsionsbestreben des Rades D und dem Seitenzuge der Riementransmission nur den geringen Widerstand entgegensetzt, welchen der Zapfen C in dem Sockel A findet. Uebrigens gestattet diese Construction eine sehr bequeme Einstellung der Transmission, indem man das Gerüst B mit dem Zapfen C in dem Sockel A leicht drehen und dann durch Standbolzen wieder fest machen kann.

## Allgemeine Bemerkungen.

Die verschiedenen Constructionen von Pferdegöpeln, welche wir durchgegangen haben, zeigen zur Genüge, welche Geschwindigkeiten man, je nach der Zahl der angewendeten Vorgelege, bei diesen Maschinen erreichen kann. Da nämlich die erste Welle, an welcher die Schwengel angreifen, höchstens nur 3 Umdrehungen pro Minute machen kann, was auch immer für ein System man anwenden möge, ja da man sogar in der Regel nur 2,5 Umgänge rechnen darf, so wird ein einfacher Pferdegöpel mit 2 Wellen oder einfachem Geschirr nie über 15 bis 25 Umdrehungen erzielen lassen, wenn das erste Vorgelegsrad nicht eine unbequeme Größe erhalten soll. Bei drei Wellen oder zweifachem Geschirr erzielt man gewöhnlich 100 Umdrehungen der dritten Welle und bei vier Wellen und dreifachem Geschirr, was sehr selten angewendet wird, geht man bis zu 250 und 300 Umdrehungen.

Jedoch wird der Mechanismus in demselben Maaße als die Zahl der Wellen zunimmt, immer complicirter und die stets ziemlich bedeutenden Reibungswiderstände in den Zahnrädern verursachen einen immer erheblicheren Kraftverlust, so daß man eine so bedeutende Umdrehungszahl im Göpel selbst nur dann zu erzielen trachten sollte, wenn es unmöglich ist, bei der ausübenden Maschinerie eine genügende Umsetzung durch Rollen und Riemen zu bewirken. Riementransmission ist übrigens trotz der Uebelstände des Gleitens der Riemen und trotz des stärkeren Seitendruckes in den Lagern der Transmission durch Zahnräder immer vorzuziehen, weil sie weniger Störungen durch Brüche ausgesetzt ist.

Weiter ergiebt sich aus der Vergleichung der verschiedenen Göpelconstructionen, daß das erste Vorgelegsrad selbst bei einspännigen Göpeln nicht unter 1 Meter Durchmesser erhalten darf, damit die Zahndimensionen nicht zu unpassend ausfallen.

Es beträgt nämlich dann der Druck zwischen den Zähnen

$$45 \cdot \frac{3,5}{0,5} = 315 \text{ Kilogr.}$$

und man muß also nach den gewöhnlichen Regeln über die Construction der Zahnräder dann den Zähnen 15,5 Mill. Stärke bei 93 Mill. Breite geben. Von diesen Verhältnissen sollte aber auch nicht abgewichen werden, da ein Pferd momentan eine weit größere Kraft als 45 Kilogr. auszuüben vermag. Christian giebt z. B. an, daß ein Pferd eine schwere Last mit 360 Kil. Kraft anzuholen vermag. So vorübergehend solche Kraftäußerungen auch nur sein mögen, so können sie doch sehr gut beim Anrücken u. dergl. vorkommen und müssen jedenfalls bei der Dimensionirung der Zahnräder berücksichtigt werden.

# Versuche über den Einfluß von wiederholten Stößen und Wechseln in der Belastung auf schmiedeeiserne Brücken.

Von

**William Fairbairn.**

(Im Auszug mitgetheilt nach dem London Artizan, April 1864; hier aus dem Journal of the Franklin Institute No. 461.)

Fairbairn bemerkt, daß nach den Versuchen, welche vor Erbauung der die Conway und Menai Streets überspannenden Brücken zur Ermittelung der Stärke und zweckmäßigsten Form der Röhrenbrücken angestellt wurden, anfänglich angenommen worden sei, daß man dieses und ähnliche schmiedeeiserne Brückensysteme nach Abzug der Hälfte des eigenen Gewichtes der Brücke nach einer Bruchlast berechnen müsse, welche sechsmal so groß sei, als die Belastung schlimmsten Falles betragen könne. Man glaubte hierbei schon eine genügende Sicherheit gegeben zu haben, später auftauchende Bedenklichkeiten führten aber, wie dies bei neuen Constructionen oft der Fall ist, zur Annahme einer noch größeren Sicherheit und man berechnete mehrere dieser Bauwerke nach dem Achtfachen der höchsten Belastung, ging jedoch später, als sich dieselben gut bewährten, wieder auf das Sechsfache zurück.

Bei dem bald kund werdenden allgemeinen Verlangen für schmiedeeiserne Brücken entstanden mehrere derartige Bauwerke, bei denen die durch die oben erwähnten Experimente aufgefundenen Verhältnisse zwischen den Stärken der oberen und unteren Gurtung u. s. w. nicht gehörig beachtet und befolgt worden waren, und bei einigen von diesen schwachen Brücken waren die Verhältnisse so übel gewählt, daß sie schon bei der Belastung mit dem Doppelten des permanenten Gewichtes nahe an der Grenze ihrer Tragfähigkeit standen, was noch dadurch verschlimmert wurde, daß sie oft in Accord gebaut und mit schlechtem Eisen und schlechter Arbeit ausgeführt waren. Hierdurch wurden natürlich mancherlei Unfälle und Einstürze herbeigeführt, welche Bedenklichkeiten und Befürchtungen bezüglich der Anwendbarkeit des Schmiedeeisens zum Brückenbau hervorriefen und endlich bestimmte der Board of Trade, daß bei schmiedeeisernen Brücken keine stärkere Inanspruchnahme als mit 5 Tons pro Quadratzoll zulässig zu erachten sei, ohne daß es dargelegt worden wäre, worauf sich diese Annahme gründe.

Die durchgängige Annahme von 5 Tons scheint nicht geeignet, in allen Fällen die besten Constructionsverhältnisse zu bestimmen, denn bekanntlich ist bei Schmiedeeisen der Widerstand gegen Zug sehr verschieden vom Widerstande gegen Druck und es kam daher vor, daß bei unpassender Dimensionirung der obern Gurtung gegen die untere ein mit 6facher Sicherheit berechneter Träger unter 10 Tons Belastung, oder wenig mehr als der Hälfte der Bruchfestigkeit, bereits an der Grenze der Widerstandsfähigkeit anlangte. Dabei wurde ferner beobachtet, daß die obere Gurtung im Querschnitt nur wenig über halb so stark gemacht zu werden brauchte, wenn sie nicht massiv, sondern zellenförmig construirt wurde, was für den Bau weit gespannter Brücken von großer Wichtigkeit war. Die Vorschrift von 5 Tons pro Quadratzoll ist also in diesem Falle nicht zutreffend und da bei derselben überdies Nichts darüber gesagt war, in welcher Weise das Eigengewicht in Rechnung zu bringen sei, so mußte dieselbe als ungenügend erscheinen.

Fairbairn stellte daher die nachstehend angeführten Versuche an, um zu finden, welche Anstrengung schmiedeeiserne Brücken mit Sicherheit auszuhalten im Stande sind. Der Apparat war so eingerichtet, daß die Belastung schnell erfolgte, und daß das Brückenmodell dann unter der Belastung beträchtliche Erschütterungen auszuhalten hatte. Das Modell war ein 20 Fuß frei liegender Blechbalken mit

4,3 Quadratzoll Querschnitt der obern Gurtung,
2,4 „ „ „ untern „
1,9 „ „ „ Mittelrippe
8,6 „ „ im Ganzen,

16 Zoll hoch und 7 Cwt. 3 Qrs. schwer.

Derselbe wurde zunächst mit 6643 Pfd. oder 1/4 der Bruchlast belastet und zeigte dabei Folgendes:

| Datum. | Zahl der Belastungen. | Einbiegung. |
|---|---|---|
| 21. März 1860 | 0 | 0,17 |
| 7. April „ | 202890 | 0,17 |
| 1. Mai „ | 449280 | 0,16 |
| 14. Mai „ | 596790 | 0,16 |

Nachdem der Balken ungefähr eine halbe Million von abwechselnden Be- und Entlastungen (acht pro Minute) ohne merkliche Veränderung ausgehalten hatte, steigerte man die Belastung auf ca. $3^1/_2$ Tons oder $^2/_7$ der Bruchlast und setzte ihn abermals 403210 abwechselnden Be- und Entlastungen aus, wobei die anfängliche Einbiegung (0,22 Zoll) sich nicht veränderte.

Hierauf wurde das Gewicht auf 10486 Pfd. oder $^2/_5$ des Bruchgewichts gesteigert und es zeigte sich eine Einbiegung von 0,35 Zoll mit permanenter Einbiegung von 0,05 Zoll. Nach 5175 abwechselnden Belastungen (im Ganzen also 1005175 Wechseln) brach der Balken ziemlich in der Mitte.

Derselbe wurde hierauf durch Erneuerung der zerrissenen Winkeleisen und Auflegen einer Deckplatte reparirt und wieder mit 3 Tons belastet und hielt ohne Zunahme der permanenten Einbiegung 3150000 abwechselnde Be- und Entlastungen aus. Als man nun die Last auf 4 Tons erhöhte, wodurch die Einbiegung von 0,17 auf 0,20 Zoll wuchs, brach der Balken nach 313000 Wechseln in der untern Gurtung, nahe bei der geflickten Stelle.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß schmiedeeiserne Balken der gewöhnlichen Construction bei einer Belastung mit $^1/_3$ der Bruchlast starke Erschütterungen nicht mit Sicherheit zu tragen vermögen, daß sie dagegen $^1/_4$ der Bruchlast mit großer Zähigkeit vertragen. Nimmt man an, daß eine schmiedeeiserne Brücke unter dieser Last 12 Millionen Wechsel ohne Schaden aushält, so würde eine solche Brücke 328 Jahre stehen, wenn sie täglich 100 Mal befahren würde. Bei $^1/_3$ der Bruchlast würde sie aber nur 8 Jahre sicher sein, da der Versuchsbalken unter dieser Last nur 313000 Wechsel aushielt.

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt.

# Register zum Literatur- und Notizblatt des zehnten Bandes des Civilingenieur.

## I. Sachregister.

(Die Nummern bedeuten die Seitenzahlen.)

## II. Namenregister.



## III. Verzeichniß der Zeitschriften, über welche Referate gegeben worden sind.



## IV. Verzeichniß der besprochenen Werke.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

№ 1.

## Literatur.

Handbuch der Wasserbaukunst von G. Hagen. Dritter Theil: Das Meer. Auch unter dem Titel: Seeufer- und Hafenbau. Erster Band mit einem Atlas von 9 Kupfertafeln, zweiter Band mit 11 Kupfertafeln in Folio. Berlin 1863. Verlag von Ernst & Korn. (Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Wir eröffnen unsere diesjährigen Besprechungen neuer Erscheinungen in der Ingenieurliteratur mit der längst erwarteten Fortsetzung eines der bedeutendsten Werke aus dem Gebiete der Ingenieur-Wissenschaften, mit Hagen's Wasserbaukunde, einem Werke, für welches keine andere Nation ein Seitenstück von gleicher Gründlichkeit aufzuweisen hat. Die lange Unterbrechung seit dem Erscheinen des zweiten Theiles (derselbe trägt die Jahrzahl 1847), in welchem die Fortsetzung in nahe Aussicht gestellt wurde, rechtfertigt der Herr Verfasser durch den wesentlich erweiterten Plan, den er diesem dritten Theile zu geben veranlaßt wurde, und die Literatur wird es ihm aufrichtig Dank wissen, daß er sich nicht blos auf die Beschreibung der an der preußischen Ostseeküste üblichen Anlagen beschränkt, sondern den Seeufer- und Hafenbau hier in ausführlicher Weise abgehandelt hat. Wie alle Werke des berühmten Herrn Verfassers zeichnet sich auch dieses eben so sehr durch Wissenschaftlichkeit, als durch die stetige Rücksichtnahme auf das praktische Bedürfniß aus, und das ziemlich lange, sehr zu beherzigende Vorwort, worin der Herr Verfasser die Wichtigkeit theoretischer Untersuchungen im Gebiete des Wasserbaues hervorhebt und sie vor dem dünkelhaften sogenannten Praktiker vertheidigt, findet sicher bei den Lesern unseres Blattes ungetheilten Beifall. Was den Inhalt der beiden, zusammen ca. 50 Bogen starken, Bände anlangt, so behandelt der erste zunächst in Abschnitt I die allgemeinen Erscheinungen des Meeres, nämlich die Wellen, Fluth und Ebbe, Meeresströmungen und -Tiefen, Salzgehalt und erdige Beimengungen des Seewassers, und die Veränderungen der Meeresufer; in Abschnitt II aber die Eindeichungen des Meeres, indem zunächst die Zwecke und Begriffe erläutert, dann die verschiedenen Ausführungsarten und Sicherungsmaßregeln, sowie die Methode zur Schließung der Deichbrüche vorgetragen werden, endlich aber von den Sielen, mit besonderer Beziehung auf die Entwässerung des Rheinlandes gehandelt wird. Der zweite Band enthält die Abschnitte III bis V, wovon der erste von den Uferbauten handelt und zwar sowohl von den künstlichen Verfahrungsweisen zum Schutz der Ufer, wie von der Dünencultur. Abschnitt IV spricht von der Anordnung der Seehäfen, indem zunächst die Verschiedenheiten der Häfen und die Construction der Seeschiffe erläutert, dann die Erfordernisse der Seehäfen besprochen und die Mittel zur Mäßigung des Wellenschlages erörtert werden, hierauf aber von den Rheden gehandelt und zuletzt auf die Bauten bei Cherbourg näher eingegangen wird. Abschnitt V endlich ist der Hafenmündung gewidmet und giebt zunächst Anweisung zu den anzustellenden Localuntersuchungen, handelt dann von der Richtung und Weite der Mündung, sowie von der Erhaltung der Tiefe, und schließt mit der Herstellung der Hafendämme. Zwei weitere Bände, deren baldiges Erscheinen zugesagt wird, werden das schöne Werk abschließen. Die äußere Ausstattung schließt sich zwar ganz an diejenige der früheren Bände der Wasserbaukunde an, übertrifft sie aber durch Weiße des Papieres und Schärfe des Druckes, sowie auch der Atlas mit äußerster Sauberkeit und Eleganz in Kupfer gestochen ist. Somit ist dieses Werk in jeder Beziehung eine Zierde unserer Literatur.

Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie auf die Berechnung der Beobachtungen und geodätischen Messungen, oder die Methode der kleinsten Quadrate von Prof. Dr. A. Sawitsch. Deutsch bearbeitet von C. G. Lais, Oberlehrer der Mathematik und Physik am Gymnasium zu Reval; weiland Gehilfe des Directors der Dorpater Sternwarte und Inspector des physikalischen Cabinets der Universität Dorpat. Mitau und Leipzig, G. A. Reyher's Verlagshandlung. 1863.

Vorliegende Schrift, welche unstreitig die vollständigste Abhandlung über die Theorie und Praxis der Methode der kleinen Quadrate ist, welche existirt, wird allerdings nur für einen kleineren Theil unserer Leser von Wichtigkeit sein, wir glauben derselben aber nichtsdestoweniger hier erwähnen zu sollen, da das Studium derselben sogar eine noch gründlichere Kenntniß des Gegenstandes zu verschaffen geeignet ist, als das Studium der betreffenden Schriften von Gauß, Laplace, Bessel, Encke u. s. w. Auch müssen wir auf einen Anhang von Professor Dr. Schweizer über das Wichtigste zum Verständniß und zur Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate aufmerksam machen, welcher für den praktischen Rechner besonders werthvoll sein dürfte, da er eine sehr klare praktische Anleitung zur Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate, überdies aber die vollständigsten Quadrattafeln enthält, welche existiren, und wodurch die Umgehung der Logarithmentafeln bei solchen Rechnungen möglich wird. Diese Tafeln, welche die Quadrate aller Zahlen von 0,000 bis 9,999 enthalten, sind übrigens auch für sich zu

haben und werden sich zu vielen andern Rechnungen des Ingenieurs mit Vortheil verwenden lassen, da man bekanntlich mittelst Quadrattafeln auch gewöhnliche Multiplcationen bequem ausführen kann.

Das technische Zeichnen. Für Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker, insbesondre für Bau- und Gewerbschulen. Von Guido Schreiber, vormaligem öffentlichen Lehrer der Mathematik an der polytechnischen Schule zu Karlsruhe, Vorstand der Commission für das Gewerbschulwesen im Großherzogthum Baden u. s. w. Mit 1000 in den Text gedruckten Abbildungen nach Zeichnungen des Verfassers. Zweiter Theil: Das projective Zeichnen. Erste Hälfte, Bogen 1 bis 20. Leipzig. Verlag von Otto Spamer. 1863.

Dieses Werk, welches eine Vorschule zu der von uns wiederholt rühmend besprochenen Schule der Baukunst bildet, ist auf drei Theile berechnet, von denen wir den ersten (das lineare Zeichnen) bereits im Literatur- und Notizblatte Nr. 1 zum 7. Bande des Civil-Ingenieur besprochen haben, während uns jetzt wieder zwei Hefte des zweiten Theiles vorliegen. Sie behandeln die Projectionslehre und es werden ihnen noch ein Paar Hefte über Schattenlehre und perspektivisches Zeichnen folgen; der dritte Theil wird endlich das Fachzeichnen, d. h. das architektonische, maschinistische und topographische Zeichnen, behandeln. Wie wir schon a. a. O. hervorgehoben haben, zeichnet sich das vorliegende Buch vorzüglich durch die Methode des Vortrages vor allen andern ähnlichen Zeichenschulen aus; dieselbe praktische Methode ist auch wieder im vorliegenden zweiten Theile gewissenhaft befolgt, indem der Schüler im ersten Hefte gewissermaaßen spielend blos durch Uebung der Anschauung zur Projicirung der Körper und Flächen angeleitet und befähigt wird, während erst im zweiten Hefte die geometrische Begründung und streng wissenschaftliche Behandlung folgt. Die in diesem zweiten Theile befolgte Darstellungsweise erscheint uns eben so neu, als zweckmäßig und leichtverständlich, auch dürfte die Erzeugung und graphische Darstellung krummer Flächen, die Lehre von ihren Tangirungsebenen u. s. w. in wenigen Schriften so ausführlich und mit so wenig gelehrtem Apparat abgehandelt sein, als hier, während die stete Hinweisung auf die praktische Verwendung und die Vorführung zahlreicher praktischer Beispiele vorzüglich geeignet ist, das Interesse der Schüler rege zu erhalten. Eine große Erleichterung für das Studium dieser Schrift liegt auch darin, daß die immer in genügend großem Maaßstabe gehaltenen Figuren dem Texte eingedruckt sind, also dem Lesenden ohne Mühe vor Augen bleiben.

Die Fortschritte in der Construction der Dampfmaschine während der neuesten Zeit. Systematisch zusammengestellt und zum Gebrauche für Techniker, Maschinenbauer, Bauofficianten u. s. w. bearbeitet von Dr. Robert Schmidt, Civilingenieur, Inhaber eines öffentlichen Büreau's und einer Unterrichtsanstalt für die mechanischen Gewerbe in Berlin. Dritter Band. Die Fortschritte in den Jahren 1862—1863. Mit 3 lithographirten Tafeln. Leipzig, 1863. A. Förstner'sche Buchhandlung. (Arthur Felix.)

Nach einer kürzeren Pause, als zwischen dem Erscheinen des ersten und zweiten Bandes dieses Buches stattgefunden hatte, ist dem zweiten dieses dritte Bändchen Collectaneen über die Dampfmaschine nachgefolgt, und der Herr Verfasser hat darin gewiß ganz recht gethan, selbst wenn er nicht in dem mancherlei Neuen, welches die Londoner Industrie-Ausstellung gebracht hat, diesmal noch eine besondere Veranlassung zur Abkürzung der Zwischenzeit gefunden hätte. Denn Schriften, wie die vorliegende, haben doch hauptsächlich den Zweck, dem Leser technischer Zeitschriften das Excerpiren zu ersparen, dürfen aber dann auch nicht lange auf sich warten lassen. Der Inhalt des vorliegenden Bändchens ist folgender: Nach einer schätzenswerthen Aufzählung der gesetzlichen Vorschriften über Dampfkesselanlagen in verschiedenen deutschen Ländern und einem Referate über die Dampfkesselrevisionen in England wird das Neueste über die Torf- und Kohlenziegelpressen und verschiedene Feuerungsanlagen (Langen's Etagenrost, André's und Walter's Gasgeneratoren, Vogl's Schüttelpultrost) mitgetheilt, dann folgt ein längerer Abschnitt über die Dampfkessel, ihr Material (namentlich die Gußstahlblechfrage), neue Formen und Systeme derselben (namentlich auch die Kessel zur Erzeugung von überhitztem Dampf), ihre Reinigungsmittel, Speiseapparate, Sicherheitsvorrichtungen (besonders die Sicherheitsventilfrage) u. s. w. Was die Collectaneen über die Dampfmaschine betrifft, so werden erst die Zeuner'schen Tabellen über Wasserdämpfe, dann die neuen Constructionen von Dampfmaschinen von Perkins, Schneider, Schultz, Carpenter u. s. w. mitgetheilt und hierauf einige Verbesserungen und Neuerungen bezüglich der Maschinendetails (Condensatoren, Kolben, Schieber, Steuerungen, Regulatoren) durchgegangen. Hierauf folgt nach Eyth ein Referat über die transportablen und locomobilen Dampfmaschinen der Ausstellung vom Jahre 1862 und einige Worte über die in London ausgestellten Locomotiven. Tafeln und Druck sind wie früher sauber und deutlich, Letzterer allerdings nicht ganz fehlerfrei, namentlich in den Eigennamen, auch möchten wir noch den Wunsch aussprechen, daß die Quellen verständlicher und mit gerechterer Berücksichtigung der ursprünglichen Quelle angegeben werden möchten.

---

# Referate aus technischen Zeitschriften.

---

**Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover.** Bd. IX. Jahrgang 1863. Heft 2—3.

Debo über Ventilation. — Peclet verlangt für Schulräume die Zuführung von 4 Cubikfuß frischer Luft pro Stunde und Person, ebensoviel Tredgold, Morin dagegen $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$mal so viel bei Gesunden, 7 bis 10mal so viel bei Kranken. Die Arten der Luftzuführung sind dreierlei, nämlich freiwillige Ventilation durch die Fugen der Thüren und Fenster, natürliche Ventilation durch zweckmäßig angebrachte Oeff-

nungen, und künstliche Ventilation durch Essen oder Maschinen. Für die natürliche Ventilation gilt zur Bestimmung der Geschwindigkeit die Formel $c = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2g\,H\,(T-t)}{273+t}}$, wo H die Niveaudifferenz zwischen der Ein- und Austrittsöffnung, T die innere und t die äußere Temperatur in Centigraden, g die Beschleunigung der Schwere (33,6 Fuß hannov.) bedeutet. Es geht hieraus hervor, von welchem Einflusse die Größen H und T — t sind, derselbe läßt sich aber auch durch einen sehr einfachen Apparat nachweisen, bestehend aus einem 12″ hohen, 10″ breiten und 8″ tiefen Kasten mit Glasfenstern und verschließbaren Oeffnungen in den Giebelseiten und im Deckel, vor welche auch noch Röhren vorgesteckt werden können. Sind in der Seitenwand über einander zwei Oeffnungen aufgemacht, so brennen ein Paar in den Kasten gesetzte Lichter hell, weil eine Strömung von unten nach oben stattfindet. Ist blos das Loch in der Decke geöffnet, so brennt das Licht sehr trübe, was auch durch ein über die Oeffnung geschobenes 12″ hohes Rohr nur verschlimmert wird, weil die zugleich mit den ausströmenden Gasen durch das Rohr zutretende Luft dann mehr Hindernisse findet. Befindet sich aber in dem Rohre eine Scheidewand, oder zwei, oder ist es mit einem engeren concentrischen Rohre versehen, so erfolgt das Brennen besser. Sind blos zwei in gleicher Höhe in der Seitenwand angebrachte Löcher geöffnet, so ist das Brennen schlecht, wird dagegen vor das eine Loch ein nach oben gebogenes, 24″ langes Rohr vorgesetzt, so tritt lebhafte Verbrennung ein und die Lichter flackern sogar, wenn das Loch neben dem Camine geschlossen und in der gegenüber liegenden Wand am Boden ein Loch geöffnet wird. Wird in der einen Wand ein unteres Loch geöffnet und ein nach oben gebogenes Rohr davor befestigt, in der anderen Wand aber ein oberes Loch geöffnet, so brennen die Lichter gut, jedoch noch besser, wenn auch letztere Oeffnung mit einem Camine versehen wird. Sind blos zwei Löcher am Boden auf, so erlischt das Licht schnell, weil sich keine Strömung bilden kann, auch hilft es sehr wenig, wenn man vor das eine Loch einen Camin vorschiebt. Diese Beobachtungen sind namentlich auch für die Ventilation von Ställen wichtig, in denen nach englischen Autoren 70 Cubikfuß Luft pro Stück Rindvieh oder Pferde und pro Stunde zu rechnen sind. Bei der freiwilligen Ventilation kann man für die Weite der Fugen in Fenstern $\frac{1}{24}$, in Thüren $\frac{1}{12}$″ ansetzen und hat sich die Sache so vorzustellen, daß durch den unteren Theil der Thüren und Fenster frische Luft eintritt, durch den oberen Theil aber erwärmte Luft abzieht. Windöfen verstärken diesen Zug sehr, da sie gegen 25 Cubikmeter Luft pro Kilogr. Kohle entfernen, veranlassen aber keine gute Mengung der frischen Luft mit der erwärmten, da sich erstere am Boden lagert. Zweckmäßiger sind in dieser Beziehung die Mantelöfen, bei denen die kalte Luft unten in den Mantel eintritt, sich in demselben am inneren Ofen erwärmt und oben wieder austritt, und welche pro Kil. Coke 1000 Cubikmeter Luft aus dem Zimmer führen sollen. Eine weitere Verstärkung des Zuges geben Oeffnungen in den Fenstern mit Jalousieen zum Einführen frischer, und Oeffnungen in der Decke mit aufsteigenden Röhren zum Abführen der verbrauchten Luft. Von den künstlichen Ventilationsmethoden scheint diejenige mit saugenden Essen, d. h. Essen, in denen durch besondere Feuerung eine höhere Temperatur unterhalten wird, um dadurch das Abziehen der Luft aus den Zimmern nach der Esse zu verstärken, nicht ganz zuverlässig zu sein, weil sie oft den Dienst versagt, wenn die Fenster geöffnet werden oder Stürme eintreten. Von den Ventilatoren giebt man den blasenden den Vorzug, weil sie sehr sicher in ihren Resultaten sind und man es dabei mehr in der Hand hat, den Zutritt der Luft an geeigneten Stellen zu bewirken, wogegen bei der Ventilation durch Aspiration der Vortheil stattfindet, daß sie durch die freiwillige Ventilation sehr unterstützt wird.

Grove, über Weston's Differential-Flaschenzug. — Nennt man d und $d_1$ die Durchmesser der großen und kleinen Scheibe, P die Kraft und Q die Last, so folgt ohne Rücksicht auf die Widerstände $P = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{d_1}{d}\right)$, also für $\frac{d_1}{d} = \frac{10}{11}$, $P = \frac{1}{22}$ Q. Allein so günstig ist der Effect dieses Flaschenzuges nicht, wenn man die Zapfen- und Kettenreibung berücksichtigt. Wäre dieselbe ein für die drei Rollen sich gleich bleibender Theil k der Kettenspannung, so hätte man

$$Q = \frac{2\,(1-k)\,P}{1 - \frac{d_1}{d} + \left(3 + \frac{d_1}{d}\right)k}$$

und dieses beträgt nur 50 bis 60 Procent vom obigen theoretischen Werthe. Trotzdem ist dies ein sehr günstiger Effect für einen Flaschenzug, und wenn man hinzunimmt, daß die Last nicht rückwärts läuft, keine Winde erforderlich ist und der Preis weit niedriger steht, als bei ähnlichen Hebevorrichtungen, so ist die rasche Verbreitung sehr erklärlich, wenn auch zu befürchten sein dürfte, daß die Dauer der Differentialflaschenzüge wegen des Abreibens der Kettenglieder keine große sein wird. Uebrigens müssen die beiden Scheiben, wenn die Last nicht zurücklaufen soll, in dem Verhältniß $\frac{d_1}{d} > \frac{1-3k}{1+k}$ zu einander stehen, wo $k = 0{,}0225$ zu nehmen ist.

Oppermann, über die Gegenstände des Militär-Ingenieurwesens auf der Ausstellung in London. — Ein ziemlich umfänglicher Bericht, der indessen diesen Blättern zu fern liegt, als daß wir hier ein Referat geben könnten.

Baumeister, Verbesserungen der eisernen Bogenbrücken. — Der badische Oberbaurath, Herr Gerwig, hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß eiserne Bogenbrücken, die an den Enden zwischen feste Widerlager eingespannt sind, bei Temperaturerhöhungen in dem geraden Streckbaum eine viel bedeutendere Erhöhung erfahren, als im Bogen, und hat eine selbstthätige Keilvorrichtung angegeben, durch welche die Widerlager so verstellt werden, daß aus der verschiedenen Dehnung der Brückenconstruction kein Schaden erwachsen kann. Diese besteht aus einem zwischen den Bogenfuß und eine senkrechte Wand am Widerlager eingeschobenen Keile, welcher am Ende eines Winkelhebels hängt, dessen anderer Arm durch eine Stange mit dem Träger verbunden ist. Der Keil hat zwischen Basis und Höhe dasselbe Verhältniß, wie die Arme des Winkelhebels, folglich füllt er bei jeder Verstellung des Letzteren den Zwischenraum unter dem Bogenfuße genau aus.

Tolle, Deichreparaturen. — Bei dem hohen Wasserstande an der Unterelbe im Februar 1862 zeigten sich an

mehreren Stellen auf der innern Böschung der Deiche Abrutschungen, welche sich nur durch die Annahme von Maulwurfsröhren bei bedeutender Tiefe unter dem Wasserspiegel erklären ließen. Da die Interessenten nicht in den Damm zu graben, und die Röhren von innen aus zu verstopfen Lust hatten, so wurden blos auf der Binnenseite Sandsäcke aufgeladen, welche natürlich nichts helfen konnten, indessen hörte die Bewegung ohne weiteres Hinzuthun auf, indem durch Wind große Eisschollen gegen den Deich getrieben wurden, welche ohne Zweifel die Mündungen der Röhren mit Eis und Schlickmassen verstopften. Liegen die Röhren nicht zu tief, so werden sie am besten mit Würsten aus Buschwerk bedeckt und letztere mit Sandsäcken bepackt.

Köpcke, die Bahnhofshalle in Antwerpen. — Eine 70′ freitragende Dachconstruction aus Blechbögen mit Durchzügen, welche zwei Perrons und drei Gleise überdeckt. Diese Halle wird von Säulen in 13 Felder abgetheilt und auf jedes Feld kommen zwei 12″ hohe Binder aus $^1/_4$zölligem Blech mit 4 Winkeleisen, wovon der eine auf der Säule, der andere auf der Mitte des flachen gußeisernen, je 2 Säulen verbindenden Bogens steht. Dazwischen liegen 7″ hohe gewalzte Leersparren. Der mittlere Theil der Dachfläche ist mit Sätteln in Glas, das übrige Dach mit Zinkblech auf Schalung gedeckt und letztere liegt auf Fetten, welche von gewalzten Platten zwischen den Sparren getragen werden. Die Durchzüge der Blechbögen hängen je an 3 Stangen.

Jordan, die Schleuse am Bahnhofe zu Leer. — Dieselbe ist als einfaches Haupt construirt; der Drempel liegt 17′ unter Hochwasser; die Weite beträgt 58′; als Spülvorrichtung sind Umläufe in den Seitenmauern angebracht, deren Ausmündungen 18,2 Quadratfuß Querschnitt besitzen; die Thore sind Ebbethore aus Eisenblech ohne Gewichtsregulirung, die unter einem Winkel von 140° zusammentreffen und mittelst 4 Kettenwinden bewegt werden; die Thore sammt Zubehör kosteten 25736 Thlr., die Schleuse selbst 105814 Thlr.

Schaaf, Reisenotizen über den Clydehafen zu Glasgow. —

Grahn, über die Wasserschnecke. — Berichtigung der Navier'schen Theorie dieser Wasserschöpfmaschine und Berechnung von Tabellen für den Fall, daß die Schaufeln rechtwinkelig zur Axe stehen.

v. Kaven, über Entwässerung und Reinigung von Städten. — Eine sehr gründliche und erschöpfende Behandlung dieses Gegenstandes mit zahlreichen Holzschnitten und Tafeln, in welcher zuerst die Gründe für und gegen die Canalisirung der Städte erwogen und Zweck und Anwendung derselben im Allgemeinen betrachtet werden, dann die verschiedenen Systeme der Canalisirung, die erforderliche Größe, Gefälle, Form der Canäle erörtert und an Beispielen erläutert, das Legen von Wasserleitungsröhren in Canälen, das Untereinanderdurchführen von Canälen, die Beseitigung des Regenwassers, die Ventilation der Canäle, die Construction von Nothauslässen, die Beseitigung des Inhaltes der Canäle, die Reinigungsvorrichtungen u. s. w. besprochen, endlich Details der Anordnung und Ausführung und Kostenzusammenstellungen solcher Anlagen mitgetheilt werden. Diese Abhandlung ist Allen, die mit solchen Projecten zu thun haben, sehr zum Studium zu empfehlen.

Die Chelsea-Kettenbrücke in London nach einem Vortrage von Page in dem Londoner Ingenieurverein. — Die Brücke ist zwischen den Widerlagern 704′ lang, was sich auf eine 333′ weite Mittelöffnung und zwei 166$^1/_2$′ weite Seitenöffnungen vertheilt. Die Breite beträgt 47′, die Höhe der Fahrbrücke über Hochwasser in der Mitte 24$^1/_2$′, an den Widerlagern 18″ weniger. Die 19′ breiten Mittelpfeiler sind 88′ lang und bestehen bis zu 7$^1/_2$′ über Hochwasser aus Mauerwerk, dann aus Gußeisen, nämlich gußeisernen Thürmen. Die Widerlager bestehen aus einem 40′ hohen, unten 112′ langen und 56′ breiten, oben 100′ langen und 46′ breiten Mauermassiv, in welches die Kettenschächte für die Ankerketten unter einem Winkel von 155° gegen den Horizont hinabsteigen. Die Mittelpfeiler sind in einer gußeisernen Umhüllung aus 27′ langen, 12″ starken gußeisernen Leitpfählen und dazwischen eingeschobenen 7′ 2″ breiten eisernen Platten fundirt. Die 57′ hohen Kettenthürme bestehen aus vier Paar 10″ starken eisernen Säulen, welche nach innen geneigt und durch sechs horizontale Rahmen und Diagonalstangen verbunden sind, und stehen 32′ weit aus einander. Sie wiegen 7000 Centner und der Quadratzoll des Querschnittes ist mit 4720 Pfund belastet. Die Brückenbahn wird von zwei continuirlichen Gitterträgern, die in Abständen von 8′ an den Ketten aufgehangen sind, und blechernen Querträgern getragen. Zwischen den Querträgern sind kurze schmiedeeiserne Längsträger eingeschaltet, welche gewölbartige Blechplatten tragen, und auf diesen befindet sich eine Concretlage aus Korkholz und Asphalt, auf welche erst das eichene Holzpflaster der Fahrbahn folgt. Die Tragketten, welche paarweise neben einander liegen, bestehen abwechselnd aus 7 bis 8 Kettengliedern von 8″ Breite, 16′ Länge und einem Gesammtquerschnitt von 217$^1/_2$ bis 230 Quadratzoll. Die Ankerketten sind 95′ lang und 235 Quadratzoll im Querschnitt stark. Die Ketten wiegen im Ganzen 6800 Centner. Zur Aufstellung derselben wurden erst zu beiden Seiten 5 provisorische Ketten aus 2zölligem Rundeisen gespannt und kleine Laufkrahne daran gehangen; darunter aber trugen vier andere Ketten hölzerne Gerüste zum vorläufigen Lagern der Ketten. Die Kettenglieder sind in einem Stück gewalzt, die zusammengehörigen gleichzeitig gebohrt, dann auf einer Drehbank in den Köpfen beschnitten und zuletzt mit 270 Ctr. pro Quadratzoll probirt, wobei sie sich nicht mehr als $^1/_{4800}$ ihrer Länge dehnen durften, obgleich sie blos 152 Ctr. zu tragen haben.

Heeren, Normalmaaß für die Lichtstärke. — Als solches empfiehlt sich am meisten eine Moderateurlampe mit einem dicht über dem Dochte stark zusammengezogenen Cylinder. Ihre Lichtstärke bestimmt man nach derjenigen der englischen Normal-Wallrathkerzen von 21 Mill. Durchmesser mit Dochten von 1,571 Gramm Gewicht pro laufendes Meter; man muß aber bei diesen und andern Lichtern den Docht stets aufwärts richten und vorsichtig mit einer feinen spitzen Scheere beschneiden.

Rodman's Versuche über die Spannung der Pulvergase. — Zum Messen der Spannung der Explosionsgase von Schießpulver brachte Rodman in der Wandung des Geschützrohres einen kleinen Kolben an, dessen zugespitzte Kolbenstange Eindrücke in einer Kupferplatte erzeugte. Durch directe Belastung wurden dann gleich tiefe Eindrücke erzeugt, ein Verfahren, welches bei 30000 Pfd. Pressung noch eine Genauigkeit von 250 Pfd. geben soll. Die Versuche bewiesen, daß

die Spannung der Gase bei gleich schweren Kugeln ziemlich der Pulverladung, bei gleicher Ladung ziemlich dem Gewichte der Kugeln proportional war, überhaupt aber bei Kanonen von 760 bis 12400 Atmosphären variirte.

Heeren, Regulirung höherer Hitzegrade. — Hierzu soll man sich eines in den Ofen gehangenen Löffels mit zwei Armen aus einer Masse von feuerfestem Thon und Charmotte bedienen, welcher zweierlei Silber-Platinlegirungen aufnimmt. Die eine davon muß bei der beabsichtigten Temperatur gerade schmelzen, was man durch die wellenförmige Bewegung der Oberfläche des Metalles beim leisen Anstoßen des Löffels controlirt, die andere muß etwa 5 Proc. mehr Platin erhalten und darf nicht ganz geschmolzen sein.

Ausbesserung eines Deichbruches in England. — — Im Institution of Civil Engineers in London beschrieb Hawkshaw das von ihm bei der Abdämmung des sogenannten Middle Level Drainage befolgte Verfahren, welches auf der Herstellung eines von Pfahlwänden eingefaßten Fangdammes beruht. In 2640' Entfernung von der durchgerissenen Schleuse wurden zunächst zur Aufstellung der Rammgerüste Schraubenpfähle eingeschraubt, dann aber rechtwinklig zum Entwässerungscanal auf beiden Ufern ein Paar Pfahlreihen in 25' Abstand von einander eingerammt, bis das Durchflußprofil im Mittel bis auf 88' eingeengt war. In diesem Zwischenraume schlug man in Abständen von $7^1/_2$' Paare von Pfählen mit 7" Abstand ein und ließ dann in diese Zwischenräume während des Nidrigwassers auf einmal (in 20 Minuten) $7^1/_2$' breite und 12' hohe Holztafeln ein, welche vom Boden bis über den Nidrigwasserstand reichten, füllte endlich das Innere des Fangdammes mit Thon und Kies und erhöhte denselben so schnell, daß er noch vor Eintritt des Hochwassers fertig wurde. Uebrigens erneuerte man die Schleuse nicht, sondern legte zur Abführung der Wasser des Entwässerungscanals sechzehn $3^1/_2$' weite, 150' lange gußeiserne Heber über den Damm, welche auf der oberen Seite mit einer Klappe von Teakholz, auf der Ausgußseite mit einem gußeisernen Ventil mit Gegengewicht geschlossen sind und mittelst einer durch Dampfkraft getriebenen Luftpumpe in Gang gebracht werden.

Miller, über Wasserbauten im Meer ohne Fangdämme. — Mit der soeben beschriebenen Abdämmungsmethode hat auch die von den Ingenieurs Miller und Bell beim Bau des äußeren, 3000' langen und 60' breiten Hafendammes des neuen Hafens zu Greenock befolgte Methode viel Aehnlichkeit. Man schlug hier an der Vorderfläche der herzustellenden Quaimauern in Entfernungen von 7' bis zur Höhe des Niedrigwassers gußeiserne, Iförmige Pfähle ein, welche am Kopfe mittelst quer durch den Damm hindurchreichender schmiedeeiserner Zugstangen verbunden wurden, schüttete dann in die für die Mauern ausgebaggerten Gräben Beton und schob hierauf in die Falze der Pfähle $1^1/_2$ bis 2' starke, 7' lange und 5 bis 6' hohe Granitplatten ein, bis sie eine 16' hohe Wand bildeten, hinter welcher der eigentliche Mauerkörper bis zum Niedrigwasserspiegel aus Beton mit Steinschüttung dahinter aufgeführt wurde. In diesem Niveau deckte man die Pfähle und Platten mit einer Quaderschicht ab und vollendete nun die 33' hohen, unten $11^1/_2$, oben 5' starken Quaimauern in Bruchsteinen mit Quaderverblendung. Um die gußeisernen Pfähle gegen die Zerstörung durch das Seewasser zu schützen, will man künftig die Platten so gestalten, daß sie die Pfähle vorn verdecken.

Ventilation von Eisenbahnwagen. — In der Decke der Wagen sollen nahe bei einander ein Paar verticale Rohre angebracht werden, welche oben in einem horizontalen, in der Richtung des Zuges liegenden Rohre mit Scheidewand endigen; auf der vordern Seite wird nun frische Luft ein, auf der hintern Seite verdorbene Luft ausströmen.

---

# Notizen.

Rankine, über die expansive Wirkung heißen Wassers. — Neuerdings ist zur Erklärung der Kesselexplosionen auch die expansive Wirkung mit herbeigezogen worden, welche ein gewisses Gewicht heißen Wassers von gegebener Temperatur auszuüben fähig ist, wenn es, ohne Wärme aufzunehmen, theilweise verdampft und sich abkühlt. Diese Frage ist von dem bekannten englischen Gelehrten W. J. Macquorn Rankine in einer der Royal Society im December 1853 übergebenen und in den Philosophical Transactions auf 1854 abgedruckten Abhandlung über Wärmelehre unter Satz XVII vollständig gelöst worden und führt auf die Gleichung:

$$E = K\left[t_1 - t_2\left(1 + \text{Log. nat.}\frac{t_1}{t_2}\right)\right] \quad . \; . \; . \quad (1)$$

worin E die von 1 Pfund Wasser ausgeübte Wirkung,

K den dynamischen Werth der specifischen Wärme der Flüssigkeit, d. h. das Product der specifischen Wärme ausgedrückt in Joule's Wärmeäquivalent,

$t_1$ und $t_2$ die absolute Temperatur zu Anfange und zu Ende, von 274° C. oder 493,2° Fahr. unter dem Gefrierpunkte aus gezählt,

bedeutet.

Eine zweite Formel giebt den Werth für die Größe, um welche das endliche Volumen des expandirten Gemisches von Flüssigkeit und Dampf das ursprüngliche Volumen übertrifft, nämlich die Formel

$$K.\frac{\text{Log. nat.}\frac{t_1}{t_2}}{\frac{d\,p_2}{d\,t_2}} \quad . \; . \; . \; . \quad (2)$$

worin $\frac{d\,p_2}{d\,t_2}$ das Verhältniß bedeutet, wonach der Druck in Pfunden pro Quadratfuß mit der Temperatur wächst bei der Endtemperatur.

Wendet man diese Formeln auf das Wasser in einem Dampfkessel an, so nehmen sie nachstehende Form an.

Der Werth von K ist für Wasser 772 Fußpfund pro Grad der Fahrenheit'schen Skala und Pfund Wasser, oder

1389,6 Fußpfd. pro Centigrad und Pfund Wasser, oder
423,55 Kilogrammeter pro Centigrad und Kilogramm Wasser.

Die Endtemperatur ist 212° + 461°,2 = 673°,2 Fahr.

Der entsprechende Werth von $\frac{d\,p}{d\,t}$ ist für die Fahrenheit'sche Skala und englische Maaße 42 und 772 : 42 = 18,38.

Bezeichnet T die Anfangstemperatur nach Fahrenheit, also $t_2 = T + 461^\circ{,}2$, so erhält man demgemäß die von einem Pfund Wasser ausgeübte Arbeit

$$= 772\left[T - 212^\circ - 673^\circ{,}2 \text{ Log. nat. } \left(\frac{T + 461^\circ{,}2}{673^\circ{,}2}\right)\right] \quad . . (3)$$

und das endliche Volumen von Wasser und Dampf in Cubikfußen pro Pfund

$$= 18{,}38 \text{ Log. nat. } \left(\frac{T + 461^\circ{,}2}{673^\circ{,}2}\right). \quad . \ . \ . \ (4)$$

Es ist bemerkenswerth, daß die entwickelte Arbeit blos von der specifischen Wärme der Flüssigkeit im flüssigen Zustande und der Anfangs- und End-Temperatur, nicht aber von irgend welchen andern physikalischen Eigenschaften der Substanz abhängt.

Nachstehende Tabelle giebt einige Resultate der Formel.

Tabelle I.

| Anfangstemperatur. | Arbeit. | Geschwindigkeit. | Schlüßliches Volumen. | Anfänglich absoluter Druck. |
|---|---|---|---|---|
| Fahr. | Fußpfd. | Fuße pro Sec. | Cubikfuße. | Pfd. pro □Zoll. |
| 212 | 0 | 0 | 0 | 14,70 |
| 248 | 726 | 214 | 0,95 | 28,83 |
| 284 | 2779 | 423 | 1,87 | 52,52 |
| 320 | 6052 | 624 | 2,73 | 89,86 |
| 356 | 10422 | 819 | 3,56 | 145,8 |
| 392 | 15826 | 1010 | 4,36 | 225,9 |
| 428 | 22156 | 1194 | 5,11 | 336,3 |
| ungefähr 2360 | ungefähr 912500 | ungefähr 7666 | 26,36 | unbekannt. |

Die erste Columne dieser Tabelle giebt die Temperaturen nach der Fahrenheitschen Scala mit Intervallen von 36° F. oder 20° C.

Die zweite Columne enthält die von einem Pfunde Wasser verrichtete Arbeit in Fußpfunden.

In der dritten Columne sind die Geschwindigkeiten aufgeführt, welche durch diese Arbeit einem Geschoß von dem Gewichte des Wassers, also von 1 Pfund Gewicht, mitgetheilt werden würden.

Die vierte Columne giebt das endliche Volumen, welches Wasser und Dampf durch die Expansion annehmen, in Cubikfußen pro Pfund und

in der fünften Columne sind die anfänglichen absoluten oder totalen Pressungen in Pfunden pro Quadratzoll angegeben.

Die letzte Zeile der Tabelle bezieht sich auf den Fall, wo sämmtliches Wasser in Dampf verwandelt worden wäre.

Wenn man keine logarithmischen Tafeln zur Hand hat, kann man sich für Temperaturen unter 428° nachstehender approximativer Formeln bedienen:

$$\text{Arbeit} \quad = 772 \left(\frac{T - 212^\circ}{T + 1134^\circ{,}4}\right)^2 . \ . \ . \ . \ (5)$$

$$\text{Volumen} \quad = 36{,}76 \left(\frac{T - 212^\circ}{T + 1134^\circ{,}4}\right) . \ . \ . \ . \ (6)$$

Zur Erläuterung der Formeln und Tabellen ist noch hinzuzufügen, daß die mechanische Arbeit, welche in der zweiten Columne angegeben ist, das Aequivalent der während des Vorganges verschwundenen Wärmemenge ist, nämlich der Differenz zwischen der ganzen aufgewendeten Wärme und der latenten Wärme desjenigen Theites des Wassers, welcher am Ende des Vorganges sich im Zustande von Dampf mit atmosphärischer Pressung befindet.

Für solche, welche der Ansicht sind, daß der flüssige Theil des Wassers in Folge seiner geringen Compressibilität wie ein Strom von harten Projectilen wirke, fügen wir noch eine Tabelle bei, welche für die Anfangstemperaturen aus Tabelle I. nachweist, welcher Theil eines Pfundes Wasser in flüssigem Zustande bleibt, und wieviel Arbeit in diesem flüssigen Wasser enthalten ist.

Tabelle II.

| Anfängliche Temperatur. | Uebrigbleibendes Quantum Wasser. | Im Wasser enthaltene Arbeit. |
|---|---|---|
| Fahr. | Pfd. | Fußpfd. |
| 212° | 1,000 | 0 |
| 248 | 0,964 | 700 |
| 284 | 0,931 | 2587 |
| 320 | 0,897 | 5429 |
| 356 | 0,865 | 9015 |
| 392 | 0,835 | 13215 |
| 428 | 0,806 | 17858 |
| ungefähr 2360° | 0 | 0. |

Bei diesen Formeln und Tabellen ist auf die geringe Zunahme in der specifischen Wärme des Wassers bei höheren Temperaturen keine Rücksicht genommen worden.

(The Artizan, Vol. 21, No. 11.)

Porro, über die Anwendung der Photographie in der Geodäsie. — Die verschiedenen Anwendungen, welche man bis jetzt von der Photographie in den Wissenschaften und Künsten gemacht hat, haben blos den Zweck gehabt, von Gegenständen Bilder zu bekommen, welche denselben in malerischer Beziehung ähnlich sind; diese Bilder sind sehr nützlich, aber sie sind nicht ähnlich in mathematischem Sinne und sind daher für die eine mathematische Genauigkeit verlangenden Aufnahmen nicht verwendbar. Hieran ist die Verzerrung durch die Linsen Schuld, da dieselben Bilder von geometrischer Richtigkeit kaum in einem Raume von wenigen Graden Oeffnungsweite in der Nähe der optischen Axe liefern. Demungeachtet erzielte Oberst Laussedat, Professor der Geodäsie an der polytechnischen Schule in Paris, bei gehöriger Beschränkung des Gesichtsfeldes mit gewöhnlichen Objectivgläsern Resultate, welche für die Grenzen der Genauigkeit, die man an die militärische Topographie stellt, befriedigend genannt werden konnten.

Wenn dies auch für einen solchen speciellen Zweck genügt, so bleibt doch im Allgemeinen noch viel zu thun übrig, ehe man eine wahrhaft nützliche und praktische Verwendung der Photographie in der Geodäsie machen kann; denn die geodätischen Operationen des Ingenieurs und Geometers sind immer über den ganzen Horizont ausgedehnt, und wenn die benutzbare Fläche der Collodiumplatte auf 10 Grade eingeschränkt werden muß (und selbst dies ist noch zu viel, wenn man eine größere Genauigkeit verlangt), so müßte man, unter Berücksichtigung eines kleinen freien Raumes zwischen den

Grenzen, ungefähr 50 negative Bilder für den Horizont aufnehmen. Indem ich aber die Sache von diesem Gesichtspunkte aus verfolgte, fand ich eine zweckmäßige Lösung, welche alle die sphärischen Bilder des Objectivs concentrisch macht und bei welcher das Objectiv aus drei zweckmäßig gewählten brechenden Mitteln besteht, so daß das Bild vollkommen achromatisch wird. Ein solches Objectiv erzeugt auf sphärischen Collodiumgläsern Bilder, welche ohne alle Verzerrung sind und theoretisch eine nicht viel geringere Ausdehnung als die Halbkugel zulassen würden, wenn nicht die unentbehrliche Fassung sie auf ungefähr 150 Grade einschränkte, woraus hervorgeht, daß man mit drei Negativen statt 50 den ganzen Umfang des Horizontes aufnehmen könnte und auch noch genügenden Zwischenraum zwischen den aneinanderstoßenden Platten erhalten würde. Die Praxis hat übrigens gelehrt, daß es zweckmäßiger sei, die Größe eines Bildes auf ein Drittel des Kreisumfanges zu beschränken und lieber vier, als drei Glasplatten zu verwenden.

Wendet man nun Albumin an, welches der Photograph lange vor der Exposition darstellen kann und erst lange nach derselben zu entwickeln braucht, so hat sich der Ingenieur mit keiner Art von chemischen Manipulationen zu beschäftigen.

Es war aber nun noch dafür Vorsorge zu tragen, daß die Pläne und Profile von den mittelst der Photographie erhaltenen sphärischen Projectionen auf bequeme Weise übertragen werden könnten, eine Arbeit, welche mit Hilfe der gewöhnlichen graphischen Methoden der descriptiven Geometrie außerordentlich schwierig und langwierig sein würde. Zu diesem Zwecke habe ich einen Tischtheodoliten (teodolito da tavolino) mit geeignetem Fernrohr (munito di apposito canocchiale) angegeben, mit welchem man im Studirzimmer nach den photographischen Bildern ganz in derselben Weise visirt, als man auf dem Felde nach den Gegenständen visiren würde, und mittelst dessen man also soviel Horizontal- und Verticalwinkel abnehmen kann als man will, und als erforderlich sind, um eine accurate und detailirte Karte und alle wünschenswerthen Profile zu berechnen oder graphisch zu verzeichnen. Zugleich kann man überzeugt sein, daß dieselben ganz identisch mit denjenigen Winkeln sein werden, welche man mit dem gewöhnlichen Theodoliten auf dem Terrain erhalten würde.

Wegen der bedeutenden Schärfe dieses Tischtheodoliten ist es möglich, mit sehr kleinen, fast mikroskopischen Photographieen zu arbeiten, und deshalb habe ich mit der Brennweite des photographischen Objectivs auf 63 Millimeter herabgehen können, so daß der Kasten des Apparates, fix und fertig zur Aufstellung, klein genug ausfällt, um buchstäblich ohne Unbequemlichkeit in der Tasche getragen werden zu können.

Es versteht sich von selbst, daß diese Methode der Aufnahme sich vorzüglich für hügliches und gebirgiges Terrain, weniger für große Ebenen eignet, in denen sie jedoch ebenfalls nützliche Dienste thun kann, wenn man nach dem Verfahren der Schnellmeßkunst und mit dem Tacheometer arbeitet.

Wer behufs der Absteckung einer Bahn über die Alpen oder Appenninen mit dem neuen Apparate ein einziges Mal die Thäler des Ticino, des Blenio, di Campo und della Cristallina, von Bellinzona bis Disentis durchreist und hierauf fünf Tage und eine nicht übermäßige Menge von Collodiumplatten verwendet hätte, würde hundertmal soviel ganz zuverlässige und genaue Unterlagen zur Ausarbeitung und Erörterung des Projectes gesammelt haben, als wenn er mit einem zahlreichen Personale und großen Kosten und Anstrengungen fünf Monate hindurch diesem Studium gewidmet hätte, wie es der Ingenieur Carbonazzi und der Verfasser im J. 1845 behufs der ersten Erörterung dieses Projectes gethan haben. Und auch diese Erörterungen hätten nicht in so kurzer Zeit vollendet sein können, wenn dabei nicht mit dem Tacheometer gearbeitet worden wäre, dessen Vorzüge sich namentlich auf dem schwierigsten Terrain recht deutlich zeigten, und wenn nicht der junge Ingenieur Genna, welcher mittelst des Tacheometers in nur 11 Tagen über die rauhesten Höhen, bei der ungünstigsten Witterung die Variante auf dem rechten Ufer des Blenio auf die ganze Strecke von Biasca bis Santa Maria aufgenommen hat, sich so aufopfernd seiner Aufgabe gewidmet hätte. Um ebensoviel aber, als die Arbeit mit dem Tacheometer an Schnelligkeit die gewöhnlichen Methoden mit dem Nivellirinstrumente und Meßtische (tavoletta) übertrifft, um ebensoviel rascher arbeitet wieder die sphärische Photographie, als das Tacheometer.

(Giornale del Ingegnere-Architetto ed Agronomo. Nov. 1863.)

# Preisausschreibung
des
# österreichischen Ingenieur-Vereines.

§. 1. Für den praktischen Gebrauch der Architekten und Ingenieure soll eine Abhandlung über die **brauchbarsten Dachconstructionen aus Holz und Eisen** geschrieben und mit den nöthigen Zeichnungen versehen werden.

Folgende Punkte mögen das Wünschenswerthe des Inhaltes näher bezeichnen:

1. Die bei Bauten der verschiedensten Art und bei verschiedenen Spannweiten anwendbaren Dachconstructionen sind nach irgend einer vom Preiswerber zu wählenden Eintheilung in Gruppen oder Systeme zu bringen, deren Construction näher zu beschreiben und durch Zeichnungen anschaulich zu machen ist. Diese Zeichnungen sind in einem und demselben Maaßstabe, welcher der Deutlichkeit wegen nicht zu klein gewählt werden soll, anzufertigen.

Um die besonders wünschenswerthe Vollständigkeit zu erreichen, sind bei diesen Gruppirungen die Constructionsunterschiede, welche durch das zu wählende Deckmateriale geboten sind, nicht unberücksichtigt zu lassen, und jene Dachconstructionen, bei welchen das Blech nicht nur deckendes, sondern gleichzeitig tragendes Material ist, wie das z. B. bei den Winiwarter'schen Dächern der Fall ist, dürfen nicht unbesprochen bleiben.

2. Für die Berechnung der Hauptbestandtheile einer jeden Constructionsgruppe sind die Regeln wissenschaftlich begründet aufzustellen, und ist die Widerstandsfähigkeit der ganzen Construction bei verschiedener zufälliger Belastung zu ermitteln.

3. Um für gegebene Fälle unter gleichen Voraussetzungen das vortheilhafteste System auswählen zu können, soll

der Materialaufwand einiger besonders wichtigen Constructionen unter der Voraussetzung einer zufälligen Belastung von 15 Wiener Centner pr. Quadratklafter Dachfläche berechnet und gegenseitig verglichen werden.

4. Sollen die aus den angeführten Berechnungen und Vergleichungen sich ergebenden Resultate in passenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt werden, damit der Praktiker um so leichter die für die Ausführung der einzelnen Dachconstructionen nöthigen Anhaltspunkte finden kann.

§. 2. Für die diesem Programme am vollständigsten entsprechende und als preiswürdig erkannte Abhandlung wird

**der erste Preis mit 400 Stück Vereinsthalern,**

und für jene, welche der ersten zunächst kommt,

**der zweite Preis mit 200 Stück Vereinsthalern**

festgesetzt.

Das literarische Eigenthum beider preisgekrönten Schriften bleibt den Autoren ungeschmälert; dieselben übernehmen jedoch die Verpflichtung, ihre Arbeit binnen sechs Monaten nach Zuerkennung der Preise durch den Druck zu veröffentlichen und dem österreichischen Ingenieur-Vereine 20 Exemplare unentgeltlich zu überlassen. Sollten die Autoren die Drucklegung und Veröffentlichung in der bedungenen Zeit nicht bewirken, so besorgt der österreichische Ingenieur-Verein die Veröffentlichung dieser beiden Abhandlungen in einer ihm entsprechenden Weise.

Außer den beiden preisgekrönten Arbeiten werden auch andere zur Preiswerbung eingesandte Abhandlungen angemessen honorirt, insofern sie der österreichische Ingenieur-Verein für seine Zeitschrift benützen zu können gedenkt.

§. 3. Die Preiswerber haben ihre mit einer Devise und versiegelten Namensunterschrift und Adreßangabe versehenen Arbeiten bis längstens **30. September 1865** an den österreichischen Ingenieur-Verein in Wien einzusenden.

§. 4. Das Preisgericht wird seiner Zeit vom Verwaltungsrathe des österreichischen Ingenieur-Vereines ernannt, und die Preise werden über Antrag des Preisgerichtes von der im **Februar 1866** stattfindenden General-Versammlung des österreichischen Ingenieur-Vereines zuerkannt und sofort ausgezahlt.

§. 5. Die nicht preisgekrönten Schriften werden im Monate **März 1866** zur Disposition der Preiswerber in der Kanzlei des österreichischen Ingenieur-Vereines bereit liegen.

Wien, im November 1863.

Vom Verwaltungsrathe des österr. Ingenieur-Vereines.

---

# Preis-Ausschreibung

## für eine populäre Abhandlung

über

# Eisen-Constructionen bei Hochbauten.

Der Verein für die österreichische Eisenindustrie hat für die beste populäre Abhandlung „über Eisen-Constructionen bei Hochbauten" einen Preis von 200 (zweihundert) Stück Dukaten bestimmt und der nieder-österreichische Gewerbe-Verein für denselben Zweck die Widmung seiner silbernen Vereins-Medaille ausgesprochen; was mit dem Bemerken bekannt gegeben wird, daß sich bei der diesfälligen Preis-Bewerbung auch die Fachmänner außerhalb des österreichischen Kaiserstaates betheiligen können.

Die dabei gestellten Bedingungen sind folgende:

Diese Schrift soll eine gemeinfaßliche detaillirte Darstellung der für die gewöhnlichen Hochbauten verwendbaren Eisen-Constructionen enthalten, und deren constructive und eventuell pecuniäre Vortheile gegenüber von andern Materialien nachweisen.

Mit Zugrundelegung einer Berechnung über absolute, relative und rückwirkende Festigkeit von Guß-, Schmiede- und gewalztem Eisen, wobei die Erfahrungs-Coefficienten, namentlich für die österreichischen Eisen-Qualitäten, für die Praxis wohl zu berücksichtigen kommen, sind die vortheilhaftesten Querschnitts-Formen für die gewöhnlichsten Fälle anzugeben und denselben eine tabellarische Zusammenstellung von Gewicht und Festigkeit beizugeben.

Selbstverständlich ist diese Abhandlung mit den erläuternden Zeichnungen, namentlich für die Querschnitte, und zwar für kleine Gegenstände in Naturgröße, für größere im vierten Theile der Naturgröße, zu vervollständigen.

Die Preisbewerber wollen ihre versiegelten, mit einem Motto versehenen Schriften sammt versiegelter Angabe des Namens, welche als Aufschrift das gleiche Motto zu tragen hat, bis Anfangs October 1864 an „**das Comité des Vereines für die österreichische Eisenindustrie, Wien, Stadt, Schönlaterngasse Nr. 11 neu**" einsenden.

Das preisgekrönte Manuscript bleibt Eigenthum des Verfassers, doch ist derselbe zur Drucklegung von wenigstens 500 Exemplaren verpflichtet, welche der Verein für die österreichische Eisenindustrie zu den Erzeugungskosten abnehmen wird.

**Das Comité**
**des Vereines für die österreichische Eisenindustrie.**

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

№ 2.

## Literatur.

**Die geometrischen Instrumente der gesammten praktischen Geometrie, deren Theorie, Beschreibung und Gebrauch.** Von Dr. G. Chr. K. Hunäus, Professor an der polytechn. Schule zu Hannover. Heft III. **Die Nivellir-, Reflexions-, Längenmeß- und Zeichneninstrumente.** Mit 130 Holzschnitten aus der xylographischen Anstalt der Wittwe Mezger in Braunschweig. Hannover, Carl Rümpler. 1863.

Vorgenanntes Werk kommt durch diese Lieferung zum Abschluß, da der Herr Verf. zur Vermeidung einer zu großen Ausdehnung desselben es vorgezogen hat, den ursprünglich versprochenen Anhang über die Methode der kleinsten Quadrate hier wegzulassen. Das dritte Heft beginnt mit dem Libellenniveaus zum Nivelliren von Ebnen, geht dann auf die Instrumente zum Nivelliren der Linien, sodann auf diejenigen mit constanten Zielhöhen über, wobei jederzeit die entsprechenden Prüfungs- und Nivellirmethoden abgehandelt werden. Dann folgen die unvollkommeneren Instrumente, wie die Quecksilber- und Wasserwaage, die Loth- und Pendelinstrumente, endlich die Barometer. Das zweite Capitel handelt von den Reflexionsinstrumenten mit Spiegeln und mit Prismen, deren Beschreibung durch eine entsprechend ausführliche Theorie eingeleitet wird. Im dritten Capitel sind die Instrumente zum Abstecken der rechten Winkel beschrieben, als: das Winkelkreuz, der Winkelspiegel, das Prismenkreuz u. s. w., und als Anhang die Schmalkalder'sche Handboussole. Es folgt nun der dritte Abschnitt, welcher von den Instrumenten und Hilfsapparaten zur Linienmessung handelt, und worin zuerst die Längenmeßapparate für große Triangulationen, dann diejenigen für Detail- oder kleinere Messungen beschrieben, zuletzt aber die Distanzmesser erörtert werden. Von geringem Umfange ist die zweite Abtheilung des Werkes, welche die Theorie, Beschreibung und Anweisung zum Gebrauch der geometrischen Instrumente zum Auftragen und Kartiren enthält. Sie bringt zunächst die zur Vergleichung der Linien und Winkel dienenden Werkzeuge (Cirkel, Maaßstäbe, Transporteurs u. s. w.), dann die zum Copiren von Karten bestimmten Instrumente (Pantographen) und endlich die Planimeter. Ueberblicken wir nun nochmals das ganze, vorzüglich ausgestattete und mit 290 vortrefflichen Holzstichen versehene Werk, so müssen wir es als ein sehr nützliches, dem Civil- und Militär-Ingenieur, Geodäten und Nautiker besonders zu empfehlendes, eine gründliche Kenntniß der Instrumente der gesammten praktischen Geometrie wesentlich erleichterndes Handbuch bezeichnen, welches vor andern ähnlichen Werken den Vorzug einer wissenschaftlicheren und systematischeren Behandlung, größerer Auswahl und schönerer Darstellung der Instrumente beanspruchen kann, und dessen etwaige Lücken durch spätere Auflagen leicht auszufüllen sein werden.

**Neueste Gewichtstabellen aller Dimensionen Flacheisen, Rund- und Quadrateisen, Rund- und Quadratblech u. s. w.** Ein nothwendiges Handbuch für Ingenieure, Architekten, Eisenhändler, Unternehmer, Schmiedemeister, Schlosser u. s. w. von Hubert Beck, Schweißmeister auf Borsig's Eisenwerk. Zweite Auflage. Berlin. Verlag von J. M. Späth. 1863.

Hervorgegangen aus dem Bedürfniß nach einer möglichst vollständigen und richtigen, dabei aber wenig umfänglichen und bequem handlichen Tabelle empfiehlt sich dieses Büchelchen auch noch dadurch, daß es sehr sauber gedruckt und für das neue preußische Gewicht berechnet ist. Es giebt das Gewicht 1 Fuß langer Stücken Flacheisen von 1/8 bis 12 Zoll Breite und 1/16 bis 5" Stärke, eben so langer Stücken von Rund- und Quadrateisen von 1/16 bis 12" Stärke, das Gewicht der Rund- und Quadratbleche von 1/16 bis 1 1/2 Zoll Stärke und 1 bis 4 Fuß Durchmesser, dasjenige der Blechrohre von 2 bis 14 Zoll Durchmesser und 1/16 bis 1/2 Zoll Dicke pro Fuß Länge, endlich das Gewicht von Würfeln aus Schmiede- und Gußeisen von 1 bis 24 Zoll Seitenlänge.

**Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer.** Eine Sammlung ausgeführter Maschinen, Fabrik-Anlagen, Feuerungen eiserner Bau-Constructionen, sowie anderer Gegenstände aus dem gesammten Gebiete des Ingenieurwesens. Bearbeitet und herausgegeben von F. K. H. Wiebe, Professor und ordentl. Lehrer der Maschinenkunde am Königl. Gewerbe-Institute und an der Königl. Bau-Akademie in Berlin, Ingenieur und Maschinenbauer. Berlin 1863. Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung).

Von dieser mannichfaltigen und schön ausgestatteten Sammlung Zeichnungen liegen uns sechs Hefte vor, deren Inhalt folgender ist. Heft XXV: 20 pferdige Hochdruckdampfmaschine von R. R. Werner mit veränderlicher Expansion und Schwungrad als Riemenscheibe mit Compensirung des Kurbelgewichtes. — Maschine zum Färben von Papier

ohne Ende. — Controlvorrichtung für Eisenbahnzüge von Samman. — Controlmanometer von Demselben. — Ziegelofen mit Steinkohlenheizung für feuerfeste Steine von Nottebohm.

Heft XXVI. Schachtanlage für die Grube „Borsig's Muthung" bei Biskubitz, nebst Zeichnungen über Schachteinbau und Pumpensätze, über die Steuerung, den Balancier, das Parallelogramm, die Kaltwasser- und Speisepumpe u. s. w. der zugehörigen 150pferdigen Cornischen Dampfmaschine; Ausführung des Borsig'schen Werkes in Berlin.

Heft XXVII. Kohlenwäsche der Grube Glückhilf zu Hermsdorf bei Waldenburg nebst Zeichnung der Waschmaschinen und einer Handdruckpumpe, von Holzhausen. — Holzhobelmaschine aus der Fabrik für Eisenbahnbedarf in Berlin. — Pumpwerk zu einer hydraulischen Presse aus der Maschinenfabrik zu Ilsenburg. — Hängender Krahn für Maschinenfabriken.

Heft XXVIII. Transportable Dampfmaschine mit veränderlicher Expansion zum Arbeiten in beliebiger Stellung. — Oberschlägiges eisernes Wasserrad aus der Spinnerei zu Erdmannsdorf nebst Schützenregulator und Aufschlagsvorrichtung. — Turbine mit äußerer Beaufschlagung von C. Fink.

Heft XXIX. Brennereianlage in Waldow nebst Zeichnung der zugehörigen 6 bis 8pferdigen Bügel-Dampfmaschine, Kartoffelwäsche, Elevator, Kartoffelquetsche und Maischmaschine; Ausführung der F. A. Egells'schen Maschinenfabrik in Berlin. Blatt 6 giebt die Zeichnung der von A. Borsig in Moabit ausgeführten Maschinen- und Kesselanlage der neuen Sägemühle mit 5 Gattern in Moabit.

Heft XXX. Dampfölmühle der russischen Dampfölmühlen-Gesellschaft in St. Petersburg nebst Zeichnungen der Wärmepfannen, Oelwalzen, Reservoirs und Kessel (mit Green's Ueberhitzer oder fuel-economiser). Ausführung der neuen Berliner Eisengießerei und Maschinenfabrik von F. A. Egells.

Termin-, Tagebuch- u. Hilfs-Kalender für Geometer und Assistenten der Meßkunde auf das Schaltjahr 1864. Herausgegeben von H. Hölscher, Geometer. Mit 125 in den Text gedruckten Holzschnitten. Berlin u. Charlottenburg. Verlag von J. C. Huber.

Wie nicht anders zu erwarten war und wie wir auch sogleich bei unserer Besprechung des ersten Jahrganges des Kalenders für Meßkunde als sicher angenommen hatten, ist dieser Kalender für 1864 wieder nöthig geworden und erscheint diesmal noch besser ausgestattet, als voriges Jahr. Auch der Inhalt ist sorgfältig revidirt und verbessert worden. Besondre neue Zusätze finden wir auf S. 58 bezüglich der Paralleltheilung, dann auf S. 65 bis 69 bezüglich der Normaltheilung, ferner auf S. 77, 82 und 87 bezüglich der Curvenabsteckung, endlich am Schluß bezüglich der Schriften für Karten. Der Kalender für Meßkunde ist nicht nur ein bequemes Taschen- und Hilfsbüchlein, sondern auch so fleißig und sorgfältig zusammengestellt, daß er als ein völlig zuverlässiger Rathgeber erscheint. Wir werden ihn daher gewiß auch andre Jahre wieder zu begrüßen Gelegenheit haben.

Sammlung eiserner Brücken-Constructionen, ausgeführt bei den Bahnen des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. Zusammengestellt und herausgegeben von Ludwig von Klein, K. Württembergischer Oberbaurath 2c. Neue Folge. (Fortsetzung des unter gleichem Titel im J. 1860 im Auftrage des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen herausgegebenen Werkes.) Erste bis vierte Lieferung (27 Blätter Zeichnungen nebst Text). Stuttgart. Verlag des geographisch-artistischen Instituts. (Wilhelm Nitzschke.) 1863 u. 1864.

In dem letzten Quinquennium sind auf den Bahnen des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen so viel Fortschritte im Gebiete des Brückenbaues gemacht worden, daß die im J. 1860 herausgekommene und blos die vor dem J. 1858 vollendeten eisernen Brücken dieses Bahncomplexes umfassende Sammlung von Brückenconstructionen durchaus nicht mehr den gegenwärtigen Zustand dieser wichtigen Branche des Ingenieurwesens repräsentirt, und es ist daher als ein sehr dankenswerthes Unternehmen zu bezeichnen, daß durch die in den vorliegenden Heften begonnene neue Folge dieser Sammlung das schon vielfach ausgesprochene Verlangen nach einer Darstellung der neueren wichtigen Brückenbauten befriedigt wird. Da diese Sammlung keine Brückenbaukunde sein will, so beschränkt sich der Text nur auf die Darlegung der örtlichen Bedingungen, auf eine kurze Beschreibung der Construction, Notizen über Fundirung, Ausführung des Baues, Gewichte und Kosten, Belastungsproben, Aufstellung u. dergl. und geht nicht specieller auf die Berechnung ein. Dafür ist um so mehr Gewicht gelegt auf detaillirte und geschmackvolle Anfertigung der Tafeln, welche 60 Cent. lang und 45 Cent. hoch sind. Das erste Heft enthält die Ueberbrückungen des Neckars bei Heilbronn mit 4 Tafeln, die Brücke über den Innfluß auf der Nordtyroler Bahn mit 2 Tafeln und die interessante, aus Guß- und Schmiedeeisen construirte Isarbrücke der Süd-Norddeutschen Verbindungsbahn bei Rakaus mit 2 Tafeln. Heft 2 bringt die Beschreibung und Zeichnung der Theißbrücke bei Szegedin auf der südöstlichen österreichischen Staatsbahn mit 2 Tafeln (eine Blechbogenbrücke), die in den bayerischen Ostbahnen gelegenen Brücken über die Isar bei Plattling (Fachwerkbrücke) mit 2 Tafeln und diejenige über den Inn bei Passau (ebenfalls Fachwerkbrücke) mit 3 Tafeln. Heft 3 und 4 endlich enthalten drei Brücken nach dem Pauli'schen System, nämlich die zur Hessischen Ludwigsbahn gehörige Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz mit 8 Tafeln, und von den bayerischen Staatsbahnen die Isarbrücke bei Großhesselohe mit 2 Tafeln und die Rodachbrücke bei Kronach mit 2 Tafeln. Dieses Doppelheft wird ohne Zweifel das meiste Interesse erwecken und die Aufmerksamkeit der Ingenieurs noch mehr auf dieses neue wichtige Brückenconstructionssystem hinlenken. Ueber dasjenige, was die folgenden Hefte bringen werden, liegt kein Programm vor, indessen ist noch Stoff genug zu interessanten Mittheilungen vorhanden. Für den ausführenden Ingenieur, wie für den Schüler der Ingenieurwissenschaften bietet diese Sammlung ausgezeichnete Musterblätter, sie erleichtert das Studium der in unserm Vaterlande ausgeführten Brückenbauten, über welche zur Zeit nur mehr oder weniger unvollständige Mittheilungen in verschiedenen Zeitschriften zu finden waren, außerordentlich und wird nicht verfehlen, den Leistungen unseres deutschen Ingenieurwesens auch im Auslande immermehr Achtung zu verschaffen.

**Die neue Tunnel-Baumethode in Eisen.** Angewendet bei den Tunnelbauten zu Naensen und Ippensen auf der Herzogl. Braunschw. Holzmindener Eisenbahn. Ein Vorläufer des Lehrbuchs der gesammten Tunnel-Baukunst von Franz Rziha. Mit 33 in den Text eingedruckten Holzstichen. Berlin, Verlag von Ernst & Korn (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung). 1864.

Da bis jetzt nur ziemlich unvollständige Beschreibungen der beim Naensenschen und Ippensenschen Tunnel befolgten eisernen Tunnelbaumethode bekannt geworden sind, so begegnet der Herr Verf., welcher dem Ingenieurpublicum bereits durch mehrere vorzügliche Aufsätze über Tunnelbau bekannt ist, durch vorliegende Schrift gewiß vielfachen Wünschen. Sie giebt zunächst einen allgemeinen Ueberblick über die zeitherigen Tunnelbausysteme, um dadurch fühlbar zu machen, welche ungeheure Holzvergeudung mit denselben verbunden ist, und beschreibt dann mit Hilfe ausgezeichneter Holzstiche seine eiserne Tunnelbaumethode, welche ohne Zweifel höchst genial genannt werden muß und unter Umständen wohl auch billiger als die alten Methoden zu stehen kommen wird, jedenfalls aber den Vortheil eines vollständig zuverlässigen Ausbaues gewährt. Am Schlusse folgen Betrachtungen über den Nutzen des eisernen Ausbaues bei unterirdischen Städtebahnen und unterseeischen Tunneln. Der Herr Verf. zählt in bestechender Weise alle Vortheile auf, welche die Anwendung des Eisens beim Tunnelbau bieten müsse, und spricht sich dahin aus, daß in Zukunft sicher nur noch Eisen dabei verwendet werden werde. Mögen wir auch noch nicht vollständig hiervon überzeugt sein, so empfehlen wir doch angelegentlichst das Studium dieser gehaltreichen und ausgezeichnet ausgestatteten Schrift und sehen mit höchstem Interesse dem „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst" entgegen, als deren Vorläufer sich diese Schrift ankündigt, und dessen Inhaltsverzeichniß ihr bereits beigegeben ist. Sicher ist Niemand so sehr, wie Herr Rziha befähigt, ein solches Werk zu schreiben, welches eine oft gefühlte Lücke in der Ingenieur-Literatur ausfüllen und von dem segensreichsten Erfolg sein wird.

---

# Referate aus technischen Zeitschriften.

---

**Allgemeine Bauzeitung.** XXVIII. Jahrg. 1863. 6. bis 12. Heft.

Ueber die Justirung des hydraulischen Flügels. — Eine sehr wenig gewandte Uebersetzung aus dem Französischen.

Puddelofen mit hoher Temperatur. — Der beschriebene Puddelofen ist der bereits im XI. Volumen der Publication industrielle von Armengaud mitgetheilte Ofen von Corbin Desboissières. (Deutsch in der Berg- u. Hüttenmännischen Zeitung, Jahrg. 1859.)

Ahlburg, eisernes Oberbausystem. — Wie bei mehreren neuerdings vorgeschlagenen eisernen Oberbausystemen ist hier eine von zwei fortlaufenden Unterschienen getragene T förmige Fahrschiene angewendet, während an Stelle der hölzernen Querschwellen die Querverbindung der beiden Schienenstränge durch Schwellen aus Winkeleisen bewirkt wird. Der Herr Verf. veranschlagt die Kosten seines Oberbaues auf 68826,62 Thlr. pro Meile, während sie nach dem alten Systeme 71417,11 Thlr. betrügen, sodaß das neue System nicht blos die großen Ersparnisse für Einwechselung der Schwellen gewähren, sondern sogar schon bei der Anlage billiger zu stehen kommen würde. Die Herstellung der mit drei Knieen versehenen Unterschienen dürfte indessen sehr schwierig sein.

Der Hafendamm zu Cherbourg. — Ohne Angabe der Quelle entnommen aus den Annales des travaux publics de Belgique, t. XVIII.

Debo, über die Minimalstärken von Backsteinmauern in Wohngebäuden und über die zweckmäßigsten Maaße der Backsteine. — Bei der letzten Wander-Versammlung deutscher Architekten u. Ingenieure zu Hannover eröffnete Herr Baurath Debo die Verhandlung über obigen Gegenstand mit der Angabe, daß man in Hannover die obersten Geschosse meist 1 Stein (11⅛"), jedes tiefere Geschoß aber um je ½ Stein (5⅜") stärker mache, daß aber bei freiliegenden Gebäuden statt der 1 Stein starken Wände besser zwei durch einen Zwischenraum von 2 bis 3 Zoll Weite getrennte Mauern von ½ Stein Stärke angewendet würden. Die massiven Tragwände im Innern seien ¾ bis 1 Stein, die Scheidewände in allen Etagen ½ Stein stark. Herr Hofbaurath Lohse aus Berlin bemerkt hierzu, daß daselbst baupolizeiliche Vorschriften existirten, wonach das oberste Stockwerk 1½ und die Tragwände 1 bis 1½ Stein Stärke erhalten müssen, daß ihm aber auch Fälle bekannt seien, wo alle inneren Wände nur ½ Stein stark seien, und daß man in Paris die Zwischenwände häufig aus hochkantig stehenden 2½" starken Ziegeln in Gypsmörtel ausführe. Was die Dimensionen der Ziegel anlangt, so war man der Ansicht, daß diese von der Beschaffenheit des Materiales abhängig seien, und daß kleinere Ziegel ein besseres Fabrikat gäben, dagegen aber auch etwas mehr Maurerarbeitslohn verlangten.

Ueber Conservirung des Holzes — referirte in derselben Versammlung Herr Eisenbahnbau-Inspector Schweitzer, daß man auf der Kreuz-Bromberger Eisenbahn von den mit Kupfervitriol präparirten kiefernen Eisenbahnschwellen nach dem 10. Jahre bereits 46,59 Procent eingewechselt und dieserhalb diese Behandlung aufgegeben habe, daß sich dagegen auf den Hannoverschen Bahnen die viel billigere Präparation mit Zinkchlorid befriedigend bewährt habe, während gegen das Präpariren mit Kreosot die Kostspieligkeit und Unzuverlässigkeit dieses Verfahrens einzuwenden sei. Nach Herrn Telegrapheninspector Frischen ist für die Stangen der Drahtleitungen ebenfalls das Imprägniren mit Zinkchlorid als die zweckmäßigste Behandlung erkannt, nach Herrn Buresch aber auch das Kyanisiren auf der badischen Eisenbahn mit bestem Erfolge angewendet werden.

Ueber die Fundirung von Brückenpfeilern mittelst comprimirter Luft. — Herr Eisenbahnbauinspector von Kaven leitet die Besprechung über diesen Gegenstand durch einen Ueberblick über die verschiedenen, neuerdings gebräuchlichen Gründungsmethoden ein und spricht sich dann dahin aus, daß die pneumatische Methode außer dem Vor-

theil, daß alles Holzwerk im Grunde vermieden werde, den Vorzug besitze, für größere Tiefen anwendbar zu sein, als der Pfahlrost, eine größere Basis zu ermöglichen und den Pfeilern eine solidere, stabilere Aufstellung zu gewähren, daß sie weiter eine Untersuchung des Grundes durch den Augenschein ermögliche, oft eine wesentliche Beschleunigung gewähre und endlich sogar billiger sein könne, als andere Methoden.

Fußgänger-Hängebrücke bei dem Schlosse zu Laborde an der Eisenbahn von Tours nach Bordeaux. — Mit dieser leichten, nur 1,8 Met. breiten Hängebrücke von 36 Met. Spannweite ist ein Einschnitt der Bahn überbrückt. Sie ist von Morandière construirt und wiegt 136 Kil. pro lauf. Meter. Die an Drahtseilen hängende Brückenbahn ist in der Mitte überhöht und durch Zugstangen von Bandeisen verstrebt. Es ist eine Berechnung dieser Brücke und eine Theorie der Kettenbrücken überhaupt beigefügt.

v. Weber, Signalscheibe für Ausweichen. — Um die Signalscheiben von den vielen, sonst noch auf den Eisenbahnstationen vorhandenen Lichtern deutlich zu unterscheiden, at bekanntlich der österreichische Ingenieur Bender eine Beleuchtungsvorrichtung construirt, durch welche die runde Scheibe von vorn gesehen als eine gleichförmig beleuchtete Platte, von der Seite gesehen (also wenn die Weiche auf die Curve gerichtet ist) aber wie eine gewöhnliche Laterne erscheint. Da jedoch diese Beleuchtung nur eine matte ist und nicht weit genug trägt, und da die Bender'schen Scheiben ziemlich theuer sind und leicht verderben, so hat der Herr Verf. eine einfachere Vorrichtung gesucht, welche den Zweck noch vollkommener erfüllt. Bei derselben sind an Stelle der concav gekrümmten Flächen der Bender'schen Scheibe jalousieenartig durchbrochene Scheiben angewendet, wie bei der von Schmidt angegebenen und im 8. Bande des Civilingenieur auf S. 99 beschriebenen Signalscheibe. Vor den Oeffnungen im Mittel befinden sich Blenden, so daß man von vorn kein directes Licht, sondern blos das von der Rückseite der schiefen, aus Weißblech gefertigten Jalousieenflächen reflectirte Licht sehen kann. Solche Scheiben leuchten weithin wie glühende Scheiben, während sie von der Seite gesehen blos wie Sterne erscheinen. Der Preis beträgt 4 Thlr.

Oelfabrik von Maurel u. Prom in Bordeaux. — Constructeur ist der Mechaniker Falguière in Marseille.

Ueber Blitzableiter. — Nach einem Gutachten der Akademie der Wissenschaften in Paris darf man in Gebäuden, welche große Eisenmassen enthalten (z. B. eiserne Dachstühle, Decken u. dergl.), die Blitzableiter nicht damit verbinden und muß die Auffangstangen mit vielen scharfen Spitzen an der Seite und oben versehen. Sacré in Paris empfiehlt conische Spitzen von Kupfer mit einer Platinakapsel, Auffangstangen von Rundeisen, die durch Schraubenmuffe unter sich verbunden sind, Ableitungen aus eisernen zusammengeschraubten Stangen, welche unten in eine 60 bis 80 Qu.-Centim. große Platte, in einem Brunnen, oder bei der Ableitung in feuchte Erde in einen 1 bis 2 Quadr.-Meter Oberfläche bietenden Kupfercylinder endigen und an den Fuß der Auffangstange mittelst eines eisernen, mit Kupfer angelötheten Bügels befestigt sind.

Holztrockenhaus zu Graffenstaden. — Diese Anstalt enthält 14 Trockenstuben, von denen jede mit einem Ofen und einer Zugesse versehen ist. Es befindet sich nämlich an der einen schmalen Seite der Stuben eine gewöhnliche Feuerung, deren Producte durch einen gemauerten Canal am Boden nach hinten gehen und dann durch einen daranstoßenden Canal wieder nach vorn ziehen, wo neben der Feuerung der Schornstein angebracht ist. Ueber den Canälen sind Gerüste, auf denen die Hölzer nicht zu dicht aufgeschichtet sind. Man läßt sie darin bis 20 Tage in einer Temperatur von 40° (Eichenholz) bis 50° (Tannenholz) liegen und controlirt diese Temperatur nach den Angaben eines vor dem Fenster der eisernen Thür jeder Trockenstube aufgehangenen Thermometers.

Schott, über Krystallisation des Gußeisens. — Aus den Verhandlungen der Wander-Versammlung der Architekten in Hannover. Durch zahlreiche Versuche hat man zu Ilsenburger Hütte erkannt, daß die Festigkeit des Gußeisens lediglich von der Zusammenreihung der Krystalle des erstarrenden Eisens abhängt, und es dahin gebracht, daß man sowohl ein sehr festes, als auch ein sehr flüssiges Eisen erzeugen kann.

Ueber Zapfenreibung — sprach bei derselben Versammlung Maschinendirector Kirchweger und legte dar, daß seine mit einer neuconstruirten zweckmäßigen Reibungswaage vorgenommenen Versuche ihm gezeigt hätten, daß für eiserne und Gußstahlaxen die Reibung in Lagern von Zinncomposition und Hartblei bei Rüböl 0,9 bis 0,99 Procent, in Broncelagern aber 1,41 Procent betrage und unabhängig von den bei Eisenbahnen vorkommenden Geschwindigkeiten und Belastungen sei, wogegen geringere Belastungen unter 1000 Pfund höhere Reibungscoefficienten gäben. Temperaturdifferenzen haben keinen merkbaren Einfluß; die Reibung der Ruhe ist aber ungefähr 10 mal so groß, als diejenige der Bewegung. Maschineningenieur Bockelberg referirt dann über die in Göttingen unter Leitung des Obermaschinenmeisters Weldner abgeführten Reibungsversuche, bei denen sich ergeben hat, daß die Reibung in stärkerem Verhältnisse wächst, als die Belastung, daß sie auch mit der Geschwindigkeit, aber nicht in demselben Maaße zunimmt, daß sorgfältig bearbeitete Bronzelager die geringste Reibung verursachen und daß die älteren Angaben über die Reibungscoefficienten der Zapfen meist zu hoch sind, indem der größte beobachtete Coefficient 1/76 betrug. Allgemein war man der Ansicht, daß derartige Versuche mit großer Umsicht und mit besonders zweckmäßigen Apparaten angestellt werden müßten, wenn die Resultate frei von großen Schwankungen und Anomalieen sein sollten.

Ueber den Einfluß des Leidenfrost'schen Phänomens auf Dampfkesselexplosionen. — Bei derselben Versammlung referirte Maschinendirector Kirchweger über Versuche, welche er behufs dieser Frage angestellt hat, und welche darthun, daß zur Verdampfung des in kleinen Portionen in eine rothglühend gemachte und über dem Feuer erhaltene eiserne Schale gegossenen Wassers immer eine angemessene Zeitdauer erforderlich ist und sich dabei das Leidenfrost'sche Phänomen nur in sehr geringem Maaße zeigt. Nach weiteren Mittheilungen des Civilingenieurs Herrmann von Hamburg, des Hüttendirectors Dechelhäuser von Varel, des Maschinenverwalters Büte von Bremen und des Maschinendirectors Kirchweger über Fälle, wo durch Einpumpen von Wasser in rothglühend gewordene Kessel keine Explosionen herbeigeführt worden seien, gelangte man zu der Schlußfolgerung, daß das Leidenfrost'sche Phänomen zur Erklärung der Explosionen von Dampfkesseln nicht anwendbar sei.

Ueber die Vortheile des überhitzten Dampfes. — Von verschiedenen Seiten wurden Beispiele der durch Ueberhitzung der Dämpfe erzielten Brennmaterialersparniß beigebracht, von anderer Seite wieder behauptet, daß die Ueberhitzungsapparate eigentlich nur bei solchen Dampfkesseln vortheilhaft wirken könnten, bei denen viel Wasser von dem Dampfe mit übergerissen werde, daß es aber auch sehr auf die noch festzustellende passende Größe dieser Apparate ankomme.

Ueber Heizung und Ventilation von Medicinalanstalten, Gefängnissen u. dergl. — Die über diesen Gegenstand bei der Versammlung des Architektenvereines in Hannover geführte Discussion zeigte, daß im Allgemeinen der Pulsionsmethode mehr Werth beigelegt wurde, als der Aspirationsmethode, weil man es bei ersterer mehr in der Hand habe, die erforderliche Menge frischer erwärmter Luft zuzuführen. Nach Angabe des bekannten Ingenieurs Haag aus Augsburg ist die Pulsionsmethode bei Anwendung seiner verbesserten Ventilatoren nicht nur sehr wirksam, sondern auch verhältnißmäßig billig; zur Heizung empfiehlt Derselbe Heißwasseranlagen.

Ueber die zweckmäßigste Anordnung u. Bauart von Arbeiterwohnungen — wurde es für unmöglich gehalten, eine bestimmte Antwort zu geben, da hierbei auch die Frage, ob es zweckmäßig sei, die Arbeiter von den übrigen Ständen zu isoliren, sehr wesentlich mit zu berücksichtigen sei. Eine in sich abgeschlossene Wohnung müsse mindestens eine Wohnstube von 150 preuß. Quadratfußen, eine Kammer von 100 und eine Küche von 70 bis 80 Quadr.-Fuß, sowie eine Geschoßhöhe von $8^1/_2$ bis 9 Fuß erhalten.

Ueber die Anwendung des Wasserglases im Bauwesen — sprach Herr Angerstein von Hannover und gelangte zu der Schlußfolgerung, daß das Wasserglas da, wo es mit kohlensaurem oder Aetzkalk in Berührung komme, ferner zur Conservirung der Back- und Sandsteine, und als Schutzmittel gegen Feuchtigkeit des Mauerwerks, sowie gegen Feuersgefahr bei Holz mit Nutzen anwendbar sei, doch müsse man eine ca. 25procentige Wasserglaslösung (am besten Kaliwasserglas) anwenden und den Anstrich 4 bis 5mal wiederholen, dazwischen aber die Flächen gehörig trocknen lassen.

Ueber die Schutzmittel gegen das Rosten des Eisens. — Nach einem von Herrn Karmarsch gegebenen allgemeinen Ueberblick über die versuchten Schutzmittel (Oel- und Firnißanstriche auf einem Mennige-, Bleiweiß- oder Grünspangrunde, Verzinnung, Verzinkung, Brüniren u. s. w.), welcher darauf hinausläuft, daß noch kein hinreichend wirksames Mittel gegen das Rosten gefunden sei, macht Herr Frischen darauf aufmerksam, daß das Rosten hauptsächlich auf dem elektrischen Verhalten des Eisens zu beruhen scheine, und daß die in der elektrischen Reihe nach der Wasserstoffseite hin vor dem Eisen rangirenden Metalle durch ihre Nachbarschaft dasselbe zu schützen, die nach der Sauerstoffseite hin darauf folgenden Metalle es aber zu zersetzen geeignet seien. Prof. Manger aus Berlin empfiehlt einen Anstrich aus Asphalt, Theer und Graphit und Ingenieur Weiß referirt, daß im Klett'schen Maschinenbauetablissement die Eisentheile für Brücken zuerst mit einer schwachen Säure gereinigt, dann in ein Bad mit Kalkmilch gebracht, hierauf in heißes Wasser getaucht und zuletzt mit kaltem Firniß gestrichen würden.

Pichler, das neue Irrenhaus zu Frankfurt a. M. — Beschreibung der großartigen Anlage, begleitet von vielen Tafeln. Besonders interessant sind auch die Ermittelungen über den Wasserverbrauch, zu welchem Behuf der wirkliche Bedarf der alten Anstalt gemessen wurde. Derselbe betrug für 95 Kranke und 19 Angestellte durchschnittlich 80, höchstens 116 Cubikfuß pro Tag, hierüber an Waschtagen noch 137 Cubikf. mehr. Für ein Reinigungsbad sind 10, für ein therapeutisches Bad 16 und für den jedesmaligen Gebrauch des Waterclosets 0,08 Cubf. Wasser, im Allgemeinen aber in Irrenanstalten für jeden Einwohner durchschn. 1,84, höchstens 3,25 Cubf. Wasser zu rechnen.

Ueber die in Paris üblichen Hohlziegel. — Für Decken und Scheidewände nimmt man meist Borie'sche Hohlziegel, deren Länge 22, Höhe 11 und Breite 7 Cent. beträgt und welche 6 durchgehende quadratische Oeffnungen von 22 und 26 Mill. Seite besitzen, sodaß die Ziegelmasse etwa die Hälfte des Volumens ausmacht. Zu den Schornsteinröhren hat man besonders geformte, ineinandergreifende Ziegel.

Filtrirbrunnen für die Stadt Nevers. — Dieser bei Niedrigwasser etwa 300 Met. von der Loire entfernte und in vollkommen reinem Sande bis zu 8 Met. Tiefe herzustellende Brunnen wurde zur Vermeidung der Auszimmerung und Wasserschöpfung in folgender Weise hergestellt. Man warf erst eine conische Grube von 11 Met. oberem Durchmesser und 5 Met. Tiefe bis auf das Niveau des Wassers auf und versenkte dann auf dem Boden dieser Grube eine aus 6 gußeisernen Cylinderstücken mit Muffen bestehende Röhre von 1,5 Met. Lichtweite und 3 Met. Höhe, wobei natürlich der davon umschlossene Sand bei dem fortschreitenden Einsinken der Röhre herausgeholt wurde. Endlich wurde nun in dieser Grube noch ein 4 Met. weiter und sich bis zu 2 Met. über der Oberfläche erhebender Brunnenschacht aufgeführt und hinter demselben die Grube wieder ausgefüllt.

Bewässerungssystem zu Eguisheim am Oberrhein. —

Roques, Theorie der eisernen Brücken mit dreieckförmiger Ausfüllung der Zwischenwand. —

Dampfkrahn von Andreas Barclay in Kilmarnock. — Bei diesem Krahn ist der Ausleger derart beweglich, daß sein äußerer Endpunkt sich der unbeweglichen verticalen Krahnsäule bedeutend nähern kann. Er dreht sich nämlich um den Punkt, in welchem die Stütze angreift, ist jedoch am inneren Ende durch Gelenkstangen mit der Krahnsäule verbunden. Die Stütze des Auslegers dreht sich ebenfalls um ihren Stützpunkt an der Krahnsäule und wird dabei durch eine auf die Windetrommel des Krahnes aufwickelnde Kette gehalten.

Morin, über die Ventilation durch Zimmercamine. — Bei äußeren Temperaturen von + 1,8 bis 10° und inneren Temperaturen von + 18 bis 22° zieht durch den Kamin im Directorialzimmer des Conservatoriums in Paris stündlich ein Luftvolumen von 400 Cubikmetern ab, wenn dieser Kamin nicht geheizt ist. Durch die Luftheizungsöffnung strömten stündlich 157 Cubikmeter Luft von 70 bis 100° Wärme, aber nur 123 Cubikmeter von 45° Wärme ein und durch die Fugen von 2 Thüren und 2 Fenstern 246 Cubikmeter. Wenn im Kamin stündlich 8,26 Kil. Holz verbrannt wurden, so strömten durch denselben 1200 bis 1300

Cub.-Met. Luft ab, welche 3269 bis 3735 Calorieen pro Kilogramm Holz entführten. Bei Heizung mit Steinkohle stieg die Ventilation auf 300 Cubikmeter Luft pro Kilogramm Kohle und es wurden 6000 bis 6500 Calorieen entführt.

Kuhlmann, über die Conservirung der Baumaterialien. — Zur Conservirung der Backsteine, Thonfliesen, Steinplatten und Mauern ist mit Nutzen der Steinkohlentheer zu verwenden, ganz besonders nützlich aber dürfte das Kochen in Theerpech (dem bei der Destillation des Steinkohlentheeres zurückbleibenden Pech) sein, wodurch man Gypsornamente zur äußeren Decoration der Gebäude, Thonröhren zum Verlagern in der Erde, Ziegel zur Benutzung von Säurebassins u. s. w. geeignet machen könnte. Bemerkenswerth ist die Beobachtung, daß das Theerpech sogar in natürlichen krystallisirten Gyps eindringt und das Krystallisationswasser desselben zu verdrängen scheint.

Ueber die Verwendung von rotirenden Wassersäulenmaschinen als Motoren. — Das Ergebniß der bei der letzten Wanderversammlung deutscher Architekten zu Hannover stattgefundenen Discussion über diese Frage bestand darin, daß man die Verwendung solcher durch Accumulatoren gespeisten Maschinen mit rotirender Bewegung für solche Fälle, wo von ihnen nur eine durch häufige Pausen unterbrochene Arbeit verlangt werde, als zweckmäßig anerkannte.

Ueber die Zweckmäßigkeit der Verwendung der Woolf'schen Dampfmaschinen — gelangte man nicht zu einer übereinstimmenden Ansicht, da die hauptsächlichsten Vortheile dieses Systemes auch dem System der Zwillingsmaschinen mit zwei gleichen Cylindern, deren Kurbeln um 90° gegeneinander verwendet sind, zuerkannt werden mußten.

Ueber das leichtere Zerbrechen scharf eingedrehter und abgesetzter Wellen — sprach man sich dahin aus, daß dies wohl davon herrühre, daß die ganze Wirkung des Stoßes zunächst von dem schwächsten Theile der Axe aufgenommen werde.

Ueber Funkenfänger für Locomotiven — verbreitete sich Herr Prüßmann von Lingen ungefähr in derselben Weise, wie der im Civilingenieur, vor. Jahrg. S. 329 mitgetheilte Aufsatz.

Fundamentirung mit Röhren von Fortin und Gebr. Herrmann. — Aus dem nicht deutlich genug übersetzten Artikel, welcher bereits im J. 1854 geschrieben zu sein scheint, geht hervor, daß man sich bei der Gründung der eisernen Brücke zu Bordeaux des nachstehenden Apparates bediente. Vier blecherne Fahrzeuge von 13,5 Met. Länge, 4,9 Met. Breite und 4,25 Met. Höhe, welche in wasserdichte Kammern getheilt waren und darin Wasser aufnehmen konnten, waren unter sich zu einem rectangulären Rahmen verbunden, welcher ein Bassin von 13,5 Met. Länge und 4,1 Met. Breite umschloß und ein 28,4 Met. langes, 13,5 Met. breites und 9,6 Met. hohes Holzgerüst mit Rollhaspeln u. dgl. trug. In dem Bassin wurden drei Cylinder von Eichenholz versenkt, welche aus 3,0 Met. hohen Ringstücken von 3,3 Met. äußerem Durchmesser bestanden und zu oberst glockenförmige Luftschleußen trugen. Jedes Ringstück war aus 62 Stück eichenen Faßdauben von 15 Cent. Stärke und 16 Cent. Breite zusammengesetzt und gut calfatert. Auf den Luftschleußen waren die Stiefel von zwei hydraulischen Pressen befestigt, deren Stempel unter sich durch einen Querbalken verbunden waren und sich damit gegen das Holzgerüst stemmten, so daß sie die am untern Ende mit einem zugeschärften Schuh versehenen Röhren in den festen Grund eindrückten, während sie das durch eingepumptes Wasser beschwerte Gerüst zu heben strebten. Alles andere war wie bei ähnlichen Röhrengründungen mit comprimirter Luft eingerichtet.

Schmid, über die Berechnung eiserner Brückenträger. — Es wird dargethan, wie unrichtig es ist, die Träger unter Annahme einer gleichvertheilten und als constant pro laufendes Meter angenommenen Belastung zu berechnen. (Der Herr Verf. scheint die im 4., 5., 6. und 8. Bande des Civilingenieur enthaltenen Aufsätze über Berechnung der Brückenträger nicht gekannt zu haben.)

Dallot, Beschreibung der Brücke über die Schelde bei Oudenarden. — Wurde im vor. Jahrg. des Civilingenieur ausführlich sammt Berechnung mitgetheilt.

## Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins. XV. Jahrg. 1863, Heft 1 bis 9.

Rebhann, vergleichende Versuche über österreichischen Portlandcement von Krafft & Saullich zu Perlmoos bei Kufstein in Tyrol. — Hierüber referirten wir bereits auf S. 31 des vor. Jahrg. d. Zeitsch. nach einem Aufsatze desselben Verfassers in der „Allgemeinen Bauzeitung."

Mittheilungen aus der Maschinenhalle der Ausstellung in London. — Fortsetzung eines schon im vorigen Bande begonnenen Artikels. Beschrieben und dargestellt sind: Greenwood's Feilenhaumaschine, Debergue's Nietmaschine, Seller's Schraubenschneidmaschine, Forsyth's und Shank's Langlochbohrmaschine, deren Beschreibung und Abbildung zum Theil ebenfalls im vorigen Jahrg. des Civilingenieur gegeben worden ist.

Bender, Apparate zur Beseitigung des Kesselsteines. — Schau's Kesselsteinapparat ist an 12 Locomotiven der österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft in Gang gewesen und hat durchschnittlich 30,6% der in dem Wasser enthaltenen festen Bestandtheile oder 1 Pfund auf 10,75 Meilen Dienst aufgefangen, worin jedoch große Verschiedenheiten zu beobachten gewesen sind (von 4,8 bis 72,55 Procent), was hauptsächlich von der Beschaffenheit der Salze abhängen mag, indem nur die kohlensauren Salze sich leicht niederschlagen. Ganz ähnlicher Construction sind die Apparate von H. G. Wagner in Paris und der in Preußen im J. 1854 patentirte Henkel'sche Apparat, welcher Letztere speciell für stationäre Maschinen bestimmt ist. Sehr einfach ist der Apparat von Haswell für Locomotiven, welcher blos in einer frei in den Dampfraum gehangenen offenen Rinne mit alternirend gesetzten Wänden besteht, in welche das Speisewasser auf der einen Seite eintritt, um beim langsamen Durchfließen bis zum Kochen erhitzt zu werden und dann auf der andern Seite gereinigt in das Kesselwasser abzufließen. Auch dieser Apparat schlug in 77 Stunden Dienstzeit aus ca. 3000 Cubikfuß Speisewasser 10½ Pfd. Kesselstein nieder.

Stauffer, Canalverschlußapparate. — Unter dem gußeisernen Trichter, welcher die Wasser aufnimmt und nach dem Canale führt, befindet sich eine in Zapfen aufgehängte Schale, welche durch einfallende gröbere Körper zur Seite gebogen wird, bis sie entleert ist, dann aber wieder zurück-

fällt und sich mit Wasser füllt, sodaß sie die untere Oeffnung des Trichters schließt. Dasselbe Prinzip ist auch auf Abtritte anwendbar.

Obermayer, Universal-Geleis- und Räder-Spurlehre. — Unter diesem Namen wird eine Art Stangenzirkel beschrieben, der zum Controliren der Spurweite, Gleisneigung, Schienenüberhöhung, Räderspurweite und Räderabnutzung bestimmt ist. Es ist nämlich an einer durch eine Rippe verstärkten Stange auf der einen Seite unten eine Chablone für die Geleise mit $\frac{1}{16}$ Neigung nach innen, oben eine Chablone für die Spurkränze der Räder befestigt, am andern Ende aber sind diese Chablonen in der entgegengesetzten Lage und mittelst Mikrometerschraube verstellbar angebracht. Um diese Lehre horizontal aufstellen zu können, trägt sie in der Mitte eine Libelle, neben welcher sich eine Skala zum Ablesen der Neigung befindet, sodaß hierdurch zugleich die Ueberhöhung controlirt werden kann. An den Chablonen für die Spurkränze sind sieben verstellbare Stifte angebracht, welche zur Prüfung eines abgelaufenen Radkranzes genau nach demselben eingestellt und dann auf einem vorgehaltenen Papier abgedruckt werden können. Endlich befindet sich auf der unteren Seite der Lehre ein Arm und eine Skala zur Messung der Pufferhöhe. Da sicher viele Eisenbahnunfälle nur durch Mängel im Oberbau herbeigeführt werden, und da die sorgfältige Controle der Abnutzung der Räder von größter Wichtigkeit ist, so verdient wohl eine derartige Lehre (zu beziehen durch den Mechaniker A. Schultz, Wien, Favoritenstraße 38) alle Beachtung.

Zulkowsky, über die chemisch-physikalischen Verhältnisse der hydraulischen Kalke. — In dieser sehr gründlichen Abhandlung wird dargelegt, daß weder die natürlichen, noch die künstlichen hydraulischen Kalke homogene Körper sind, daß sie vielmehr aus Aetzkalktheilen bestehen, welche in ein Thonerdesilicat (Fluß) eingehüllt sind, und daß in Letzterem an Stelle des Kalkes und der Thonerde auch andere Verbindungen auftreten können. Die Zusammensetzung dieses Flusses und das procentale Verhältniß desselben zum Aetzkalk bestimmt die hydraulischen Eigenschaften, denn die beim Brennen begonnene Verbindung des Kalkes mit dem Silicate ist unterbrochen worden, um sich im Wasser zu vollenden, wobei letztere Thätigkeit um so energischer sein wird, je geringer die in der Hitze mit den Silicaten verbundene Kalkmenge war. Die Erwärmung beim Anmachen mit Wasser darf nur mäßig sein; ein zu wenig gebrannter Cement erhitzt sich wie gewöhnlicher Kalk und bindet auch nicht besser; ebenso ist es mit Cement, welcher zuviel Kalk enthält. Zu stark gebrannter Cement bindet ebenfalls schlecht oder gar nicht und zerfällt im Wasser. Cement, welcher nicht mehr frisch ist, bindet sehr langsam und ohne Erwärmung, darf daher nicht eher in's Wasser genommen werden, als bis er an der Luft etwas fest geworden ist. Wird Cement (namentlich älterer) mit Wasser von ca. 30° angemacht, so erhärtet er leichter, heißeres Wasser ist aber schädlich. Um den zersetzenden Einflüssen des Seewassers zu widerstehen, muß ein Cement so zusammengesetzt sein, daß ein Theil des Aetzkalkes durch Magnesia vertreten ist, und daß er rasch erhärtet. Die Cemente zu Meerbauten müssen also aus einem 12 bis 15 Proc. Magnesia haltenden Kalkstein und einem alkalienreichen, aber nicht sehr kalkhaltigen Thon zusammengesetzt, nicht sehr stark gebrannt und in der Wärme vermauert werden. Wird Sand zu hydraulischem Mörtel zugesetzt, so muß dazu ein vollkommen trockner, staubreiner, nicht erdiger, scharf anzufühlender mittelgroßkörniger Sand genommen werden, welcher trocken unter den Cement gemengt wird. Der Wasserzusatz ist auf ein Minimum zu beschränken.

Strecker, über Anlage- und Betriebskosten von Pferdeeisenbahnen. — Die Unterhaltung eines Lastwagenpferdes kostet (incl. 5% Interessen und 12% Amortisation) jährlich 582, diejenige eines Personenzugpferdes 575 Fl. Auf horizontaler Bahn und Flachschienen zieht 1 Pferd 30 Ctr. mit 2 Meilen, 120 Ctr. Bruttolast mit 0,6 Meilen, auf Eisenbahnschienen 60 Ctr. mit 2 Meilen und 240 Ctr. mit 0,6 Meilen Geschwindigkeit pro Stunde, wobei es täglich 6 Meilen Weg machen kann, aber jeden achten Tag ruhen muß, und wobei auf 6 bis 7% marode Pferde zu rechnen ist. Bei verschiedenen Steigungen verhalten sich die Leistungen wie folgt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Steigung | $\frac{1}{\infty}$ | $\frac{1}{200}$ | $\frac{1}{100}$ | $\frac{1}{50}$ |
| Leistung auf Flachschienen | 1 | 0,59 | 0,42 | 0,26 |
| „ „ „ | 2 | 0,84 | 0,52 | 0,30 |

und der Fortschaffungscoefficient bei horizontaler Bahn ist auf Flachschienen $\frac{1}{140}$, bei Rails $\frac{1}{280}$. Die Anzahl der erforderlichen Wagen ist danach zu bemessen, daß ein Wagen täglich 6 Meilen zurücklegen kann, dann aber 1 Tag Stillstand auf Ab- und Wiederaufladen zu rechnen ist. Die Spurweite ist wie für große Bahnen, der Radius der Curven nie unter 30 Klaftern zu nehmen; die Wagen sind 7' breit, 14' lang, mit 7' Radstand und $2\frac{1}{2}$' hohen Rädern an $3\frac{1}{2}$zölligen Axen zu machen, und dürfen bei 80 Ctr. Tragkraft nicht über 45 Ctr. wiegen. Sowohl die Flachschienen als die Rails sind auf 6 und 7zolligen Längschwellen zu befestigen, welche durch 8zollige Querschwellen in Abständen von 1 Klafter unter sich verbunden sind. Eine 18' lange, 8''' dicke und $2\frac{1}{4}$'' breite Flachschiene wiegt $4\frac{1}{2}$ Pfd. pro lauf. Fuß und braucht 7 Nägel und 1 Unterlagsplatte und Nebenplättchen (3 Pfd.); die $2\frac{1}{4}$'' hohen Rails mit $2\frac{1}{2}$'' Basis und $1\frac{1}{2}$'' Kopf wiegen 9 Pfd. pro Fuß und brauchen pro Klafter 6 Nägel, 1 Platte, 2 Laschen und 4 Schrauben (8 Pfd.), sodaß eine Klafter Bahn mit Flachschienen 11 Fl. 97 Kr., mit Rails 18 Fl. 1 Kr. zu stehen kommt. Der Unterhaltungsaufwand ist bei jener auf 1 Fl. 64 Kr., bei dieser auf 1 Fl. 75 Kr. pro lauf. Klafter abzuschätzen. Die Anlagskosten einer Pferdebahn können von 164700 bis 200000 Fl. pro Meile betragen, die Regiekosten 75 und weniger Procent von der Bruttoeinnahme.

Cylindergebläse von Leyser und Stiehler in Wien. — Um bei starken Gebläsen nicht auf allzugroße Dimensionen geführt zu werden, muß man danach trachten, sie rascher arbeiten zu lassen, und das kann nur durch geeignete Kolben- und Ventilconstructionen erreicht werden. Das hier beschriebene Gebläse kann mit 7 Fuß Geschwindigkeit pro Secunde arbeiten, was dadurch erreicht wird, daß der Kolben eine Liderung besitzt, welche nicht stärker, als mit der im Cylinder enthaltenen Pressung angedrückt wird, und daß die Lustein- und Austrittsöffnungen sehr groß gemacht und mit einem selbstthätigen Verschluß versehen sind. Die Liderung des Kolbens besteht aus zwei in zwei Hälften zerschnittenen

gußeisernen Ringen, die ähnlich wie bei den schwedischen Kolben in ausgedrehten Nuthen am Umfange des Kolbens liegen. Innerhalb derselben (also auf dem Grunde der Nuthen) befinden sich aber Kautschukringe, auf welche von hinten, vermöge besonderer Luftcanäle die Pressung des Windes zu beiden Seiten des Kolbens drückt. In Folge dieser Construction kann also der Druck auf die Liderungsringe nie größer sein, als der Druck auf der Hinterseite des Kolbens, er wird sogar durch die Elasticität der Kautschukringe immer etwas geschwächt. Die Austrittsöffnungen für den gepreßten Wind sind an jedem Ende des Cylinders durch in die Cylinderwand ringsherum gebohrte runde Oeffnungen beschafft und über diese Oeffnungen ist außen ein Kautschukring gelegt, welcher durch den gepreßten Wind auseinandergedrückt wird, um demselben den Ausgang zu eröffnen, sich aber sofort wieder zusammenzieht, sobald die Spannung außen ebenso stark geworden ist als innen. In gleicher Weise sind auch die Eintrittsventile beschaffen. Die Böden des Cylinders haben nämlich einspringende engere Ansätze, in welche ringsherum Löcher gebohrt sind und über diese sind (natürlich auf der nach dem Innern des Cylinders gerichteten Seite) Kautschukringe geschoben, welche sich öffnen, wenn der Kolben saugt. Die Erfinder heben als Vortheile dieser Construction hervor, daß sie weniger bewegliche Theile besitze und also einfacher sei, sich weniger abnutze, einen geringeren schädlichen Raum besitze, einen besseren Nutzeffect gebe, rascher arbeiten könne und also kleinere Dimensionen erfordere und billiger ausfalle.

Fehringer, über die Locomotiven mit Außenframes und den Kurbeln nach Hall's Patent. — Diese in Oesterreich bereits in ausgedehntem Maaße angewendete Construction besteht darin, daß die Kurbel nicht wie zeither auf einen vorstehenden Kopf der Axe aufgesteckt ist, sondern mit der Nabe im Lager läuft. Dadurch fällt allerdings der Durchmesser des Lagers bedeutend stärker aus, er wird z. B. bei einer 5¾" starken Axe auf 8½" vergrößert, aber es werden dadurch auch die Triebstangen und Cylindermittel der Frames um 3 bis 4 Zoll näher gerückt. Die Tragbasis beträgt bei Maschinen mit 6 gekuppelten Rädern und Außenframes 5' 7" 3''' bis 5' 8" 4''', während sie bei Innenframes nur 3' 6" 3''' beträgt, und das Verhältniß zwischen der Entfernung der Cylinderaxen und der Entfernung der Frames ist auf 1,32 bis 1,35 : 1 vermindert, während es früher 1,8 : 1 betrug. Die Lage der Federn ist ebenfalls weit günstiger, denn während bei Außenframes ein Stoß auf die Räder sich in dem Verhältniß 5 : 6 vermindert äußert, wird er bei Innenframes den Federn im Verhältniß 4 : 3 vergrößert mitgetheilt. Auch ist die Befestigung der Cylinder und Führungen wesentlich bequemer. Wegen der Vergrößerung der reibenden Fläche ist bis jetzt noch kein nachtheiliger Einfluß erkannt worden.

Becker & Bauer's Dampfschieber. — Bekanntlich findet bei denjenigen Schiebersteuerungen, bei denen die Expansion durch Verkürzung des Schieberhubes herbeigeführt wird, auf der vorderen Kolbenseite eine Compression statt, welche mitunter eine nachtheilige Größe erlangt. Um diese Compression zu vermindern, sind in dem hier beschriebenen Dampfschieber in den Lappen zwei enge Verbindungscanäle zwischen der Vorder- und Rückseite und auf dem Rücken des Hauptschiebers ein Hilfsschieber angebracht. Die Hohlung des letzteren steht durch eine Oeffnung im Rücken des Hauptschiebers stets mit dem Austrittscanale der Dämpfe in Verbindung und besitzt zwei Stege, wovon der eine stets den einen der engen Verbindungscanäle bedeckt, während der andere Canal durch die Hohlung des Hilfsschiebers mit dem Austrittscanale der Dämpfe communicirt. Der Hilfsschieber wird vom Hauptschieber in Folge des Dampfdruckes mitgenommen, gegen das Ende des Schieberhubes aber durch einen Anschlag verstellt, sodaß der andere Verbindungscanal eröffnet wird. Hierdurch entsteht kein wahrnehmbares Geräusch, vielmehr geht der neue Schieber leicht und ruhig. Während früher bei 70% Füllung und 20,8% Expansion auf 14,6% des Kolbenhubes Compression stattfand, tritt dieselbe jetzt nur noch während 4,16% des Hubes auf; bei 36,8% Füllung ist die Compression von 24,3 auf 8,9% vermindert worden.

Hendel, über die Fortschritte und Leistungen der deutschen Gußstahlfabrikation. — Als Fortschritte dieses nach Ausweis der letzten Londoner Ausstellung der englischen Industrie gänzlich überlegenen Fabrikationszweiges sind hauptsächlich die Erzeugung sehr großer Stücken (z. B. Krupp's Gußstahlblock von 40000 Pfd., die Bochumer Gußstahlglocke von 20000 Pfd. Gewicht u. s. w.) und der Stahlfaçonguß oder Stahlguß in Erdformen zu bezeichnen. Letzterer, eine Erfindung des technischen Directors des Bochumer Werkes, Herrn Mayer, ist besonders wichtig für die Technik, da erst hierdurch die Preise der Gußstahlfabrikate soweit herabgegangen sind, daß letztere in der Technik Eingang finden können. Das Verfahren beim Stahlfaçonguß ist noch Geheimniß, es werden aber auf diese Weise ganze Scheibenräder in Gußstahl hergestellt, welche schon in größerem Maaßstabe Verwendung finden. Die Bandagen werden in Bochum auf die Weise fabricirt, daß man eine Bandage von doppelter Stärke gießt und dieselbe dann auf das gewünschte Maaß auswalzt, während Krupp seine Bandagen aus einem ausgeschmiedeten Stahlblocke herstellt, welcher kalt aufgeschlitzt, dann über einem Dorne unter dem Hammer warm zu einem Ringe aufgebogen und zuletzt gewalzt wird.

Entlastungsschieber für Schiffsmaschinen nach Lindner's Construction. — Zeichnung und Beschreibung der 43" breiten, 18" langen Schieber für Propeller der k. k. Marine. In den Expansionsschiebern, welche sich auf den Rücken der Vertheilungsschieber bewegen, sind zwei 20zöllige Entlastungsschieber angebracht, welche eine Metallliderung besitzen und von Radsectoren getragen werden, welche in dem Canale für den ausströmenden Dampf stehen. Versuche mit den Lindner'schen Entlastungsschiebern an Locomotiven der Staats-Eisenbahn-Gesellschaft, der galizischen Carl Ludwigsbahn und der Kaiser Ferdinands-Nordbahn sollen ihre leichte Beweglichkeit und geringe Abnutzung, sowie die Dichtheit der Liderung genügend dargethan haben.

Cook's Handlochmaschine. — Mit dieser etwa 50 Pfd. wiegenden und 15 Pfd. Steel. kostenden Maschine, welche in England besonders auf Schiffen zum Lochen schwer zugänglicher Theile benutzt wird, kann ein ¾zölliges Loch in eine ⅜zöllige Platte gedrückt werden. Der Durchstoß wird dadurch bewegt, daß ein 1 Schuh langer eiserner Keil mittelst einer Schraube in horizontaler Richtung zwischen zwei Radsectoren eingeschoben wird, wovon der eine auf dem Durchstoße aufsteht, der andre senkrecht darüber sich gegen ein verstellbares Lager stützt.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

№ 3.

## Literatur.

Lehrbuch der technischen Mechanik. Von August Ritter, Dr. phil., Lehrer an der polytechnischen Schule zu Hannover. Erstes Heft. Mit 222 Holzschnitten. Hannover. Carl Rümpler. 1864.

Nach dem diesem elegant ausgestatteten ersten Hefte beigelegten Prospectus wird dieses Lehrbuch der technischen Mechanik im Wesentlichen die Vorträge des Herrn Verf. im ersten Jahrescursus der Mechanik an der polytechnischen Schule zu Hannover wiedergeben, im Ganzen eine Stärke von ca. 40 Bogen Lexicon-Octav mit 600 bis 700 Holzschnitten erhalten und noch im Laufe dieses Jahres vollendet werden. Die Beweise werden nur mit Hilfe der elementaren Mathematik geführt, jedoch sind hier und da Andeutungen gegeben, wie die Probleme mit Hilfe der Differentialrechnung u. s. w. zu lösen seien. Besonderen Fleiß hat der Herr Verf. darauf verwendet, die Grundbegriffe der Mechanik erschöpfend und klar darzulegen, sodaß sich dieses Werk auch zum Selbststudium vorzüglich eignen wird. Wo es thunlich ist, sind praktische Beispiele eingeflochten, um die Anwendung der Theorie zu zeigen und dadurch das Interesse des Lernenden zu wecken. Die zahlreichen Holzstiche sind deutlich und in zweckmäßigem Maaßstabe geschnitten, übrigens aber ganz einfach gehalten, und ebenso ist Druck und Papier sehr lobenswerth. Das erste Heft behandelt im ersten Abschnitte die Grundbegriffe und Grundgesetze der Mechanik (Geschwindigkeit und Beschleunigung, Zusammensetzung und Zerlegung der Bewegungen, Kraft und Masse u. dergl.), im zweiten die Mechanik des materiellen Punktes (freie, gezwungene und relative Bewegung des Punktes) und im dritten (noch nicht ganz vollendeten) Abschnitte die Statik fester Körper (Gleichgewichtsbedingungen, Wirkungen der Schwerkraft, Widerstände fester Unterstützungspunkte und Gleichgewicht einer an zwei Punkten unterstützten Verbindung von mehreren festen Körpern). Im zweiten Abschnitte sind, nicht unpassender Weise, bereits die Gesetze der gleichförmigen Kreisbewegung und der geradlinigen und Pendelschwingungen mit abgehandelt, die in anderen Werken gewöhnlich erst später zum Vortrag kommen. Als praktische Beispiele sind die Schwungkugelregulatoren und Waagen vorgeführt und es enthält somit dieses erste Heft neben den Lehrsätzen der strengen Wissenschaft schon mancherlei anregende Anwendungen, eine Vortragsweise, welche das Werk zum Gebrauche für Schulen und zum Selbststudium recht geeignet macht.

Die Baustyle. Praktische Anleitung zur Kenntniß derselben und ihres Werthes für das künstlerische Schaffen des Architekten und Bauhandwerkers. Bearbeitet von Carl Busch, Architekt und Großherz. Hess. Kreisbaumeister in Alsfeld. Zweite Auflage der „Säulenordnungen und Baustyle“ von Dr. L. Bergmann in vollständiger Umgestaltung. Erster Theil. Das baukünstlerische Schaffen. — Der griechische und römische Baustyl. — Das Zeichnen der Säulenordnungen. Mit 430 in den Text gedruckten Abbildungen, nach Zeichnungen der Verfasser in Holz geschnitten in der Artistischen Anstalt von Otto Spamer. Leipzig. Verlag von Otto Spamer. 1864.

Architektur und Ingenieurwesen treten in zu häufige Berührung miteinander und können sich gegenseitig zu wenig entbehren, als daß der Ingenieur es unterlassen könnte, sich auch im Gebiete des baukünstlerischen Schaffens einen gewissen Grad von Fertigkeit anzueignen. Das, was unsre technischen Anstalten in dieser Beziehung bieten, ist hierzu nicht immer ausreichend, namentlich nicht bezüglich der geistigen und ästhetischen Auffassung der Formen und ihres Zusammenhanges mit den Bedingungen der Construction; auch in den meisten Werken ist die Behandlung der Säulenordnungen und Baustyle eine sehr ungenießbare, lediglich auf die äußere Form eingehende und daher nicht nutzbringende, nicht zum eignen Schaffen befähigende. Daher ist es ein sehr dankenswerthes Unternehmen, daß der Herr Verf. des vorliegenden Werkes das Wesen der Form aus den Constructionsbedingungen zu entwickeln und auf diese Weise das blose Gedächtniß- und Formelwerk der Lehre von den Baustylen zu etwas geistig Auffaßbarem umzugestalten sucht. Wenn die „Baustyle“, welche einen Band der von uns schon mehrfach besprochenen, bei O. Spamer erscheinenden, sehr empfehlenswerthen „Schule der Baukunst“ bilden, hier als zweite Auflage angeführt sind, so ist zu beachten, daß die neue Auflage ein ganz anderes Buch ist, auch einen größeren Umfang erhält, als die erste Auflage. Der vorliegende erste Theil beschäftigt sich mit dem griechischen und römischen Baustyle, während der zweite Theil die Baukunst des Mittelalters und der Neuzeit bringen wird. Die eingedruckten zahlreichen Holzschnitte sind nicht blos gut gewählt und instructiv, sondern auch sehr schön gezeichnet und gestochen. Somit ist diese praktische Anleitung zur Kenntniß der Baustyle nicht blos dem angehenden Architekten und Ingenieur zum Studium, sondern auch dem weiter Vorangeschrittenen als zuverlässiges Nachschlagebuch bestens zu empfehlen.

**Vorlegeblätter für Steinmetzen.** Ausgeführte Bauconstructionen in Vorlegeblättern für Gewerbschulen und technische Lehranstalten, sowie zum Gebrauche für Architekten u. Bauhandwerker. Herausgegeben von B. Harres, Großh. hess. Baurath und Lehrer der Architektur an der höheren Gewerbschule in Darmstadt. Erstes Heft (Taf. 1 bis 6) und Drittes Heft (Taf. 13 bis 18). Oppenheim a. R. und Darmstadt 1864. Verlag und Eigenthum von Ernst Kern.

Wir haben von diesen zweckmäßigen Vorlegeblättern früher bereits die Vorlegeblätter für Maurer und Zimmerleute besprochen und begrüßen mit Befriedigung diese neue Sendung. Das erste Heft enthält auf Taf. 1 Quaderverbände mit Durch- und Halbbindern und einhäuptigen Quaderverkleidungen, auf Taf. 2 verschiedene Eckverbände in Grundrissen und perspectivischen Ansichten, auf Taf. 3 den Quaderverband einer stumpfwinkeligen Mauerecke an einer geraden Mauer und einer ebenen Böschungsmauer und denjenigen einer windschiefen Böschungsmauer, auf Taf. 4 eine Flügelmauer mit ebner Stirnfläche und eine Böschungsmauer mit unebenen Flächen, auf Taf. 5 und 6 cylindrische und kegelförmige Mauern. Text ist diesen systematisch vom Leichteren zum Schwereren vorschreitenden Vorlegeblättern ebensowenig beigegeben, als bei dem dritten Hefte, welches Vorlagen für Gewölbe enthält, und zwar auf Taf. 13 ein regelmäßiges Klostergewölbe in verschiedenen Durchschnitten nebst Construction der wichtigsten Steine, auf Taf. 14 ein Klostergewölbe mit achteckigem Grundriß, auf Taf. 15 ein achtseitiges Spiegelgewölbe über einem quadratischen Raume, auf Taf. 16 ein regelmäßiges Kreuzgewölbe mit Gurtbogen, auf Taf. 17 ein Tonnengewölbe mit gerader und auf Taf. 18 eins mit Stichkappe. Auch diese Vorlegeblätter, welche interessante Vergleichungen mit den in Heft 2 der Vorlegeblätter für Maurer gegebenen Constructionen gestatten, empfehlen sich nicht nur als Vorlagen für technische Anstalten, sondern dürften auch selbst noch manchem ausführenden Architekten und Bauhandwerker als nützliche Rathgeber willkommen sein.

**Technologisches Skizzenbuch.** Eine systematisch geordnete Zusammenstellung skizzirter Zeichnungen der Oefen, Maschinen und Werkzeuge, welche bei der Darstellung von Roheisen, Schmiedeeisen, Stahl, Zinn, Zink, Blei und Kupfer, sowie bei Verarbeitung der Metalle, Hölzer und Gespinnstfasern vorzugsweise in Anwendung kommen. Zum Gebrauch für technische Lehranstalten und Universitäten, sowie zum Selbststudium für Techniker und Gewerbtreibende bearbeitet von Carl Heinrich Schmidt, Professor an der polytechnischen Schule zu Stuttgart. Abtheilung II. Verarbeitung der Metalle und Hölzer. Stuttgart. Ad. Becher's Verlag (Gustav Hoffmann). 1864.

Wie bereits bei der Besprechung der ersten Abtheilung des „technologischen Skizzenbuches" bemerkt wurde, sind die darin enthaltenen Figuren nur skizzenhaft und in kleinem Maaßstabe ausgeführt, sodaß sie herausgeschnitten und von den Zuhörern technologischer Vorträge in die Hefte geklebt werden können. Außerdem sind sie sehr gut beim Studium solcher technologischer Handbücher, welche keine Tafeln enthalten, zu benutzen und großentheils auch schon an sich verständlich. Vorliegendes Heft bringt die Tiegel-, Flamm- und Cupoloöfen sammt Ventilatoren, mehrere Tafeln über Sand-, Schalen-, Lehm- und Statüenformerei, Skizzen von Schmiedefeuern und Schmiedemaschinen, von verschiedenen Maschinen zu Blecharbeiten, von Drehbänken, Cylinder- und Löcherbohrmaschinen, Hobel- und Nuthstoßmaschinen, Schrauben- und Räderschneidmaschinen, Fräsen, Säg-, Bohr-, Stemm- und Hobelmaschinen für Hölzer, endlich von Copirmaschinen für Skulpturwerke. Bei der Reichhaltigkeit dieses Skizzenbuches und seinem niedrigen Preise ist gewiß eine große Verbreitung desselben zu erwarten; die baldige Vollendung ist angekündigt.

---

# Referate aus technischen Zeitschriften.

## Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins. XV. Jahrg. 1863, Heft 1 bis 9.

(Schluß.)

Stummer, die Locomotiven auf der Londoner Ausstellung. — Da der Civilingenieur im vorigen Jahrgange über diesen Gegenstand ausführliche Mittheilungen gebracht hat, so kann hier ein weiteres Referat unterlassen werden.

Grimaldi's rotirender Dampfkessel. — Auf der Londoner Ausstellung sah man einen 8' 6" langen, 4' weiten, im Blech $^7/_{16}$" starken Dampfkessel mit vier 14" weiten, im Blech $^3/_8$" starken Feuerrohren, welcher nach dieser Construction gebaut und für eine 22pferdige Dampfmaschine bestimmt war. Diese Kessel rotiren langsam um ihre Axe, um das Aufsteigen der Dampfblasen zu erleichtern, und die Oberfläche gleichförmig zu erhitzen und als Heizfläche benutzen zu können. Durch den einen Zapfen des Kessels tritt das Speiserohr, durch den andern das Dampfrohr hindurch, wovon Letzteres im Innern des Kessels rechtwinkelig nach oben abgebogen ist, und außerhalb des Kessels das Manometer trägt. Der Wasserstandszeiger wirkt wie ein Heber. Der Rost scheint die halbe Länge des Kessels einzunehmen und die davon aufsteigenden Gase umspielen theils den in einem engen Canale freiliegenden Kessel von außen, theils ziehen sie durch die 4 Feuerrohre hindurch nach der Esse ab.

Rittinger, über Renaud's Wasserstandszeiger. — Auf dem Kessel ist eine senkrechte, weite, dampfdicht abgeschlossene Glasröhre befestigt, in welcher die durch eine rothe Kugel bezeichnete Spitze der Stange eines im Kessel befindlichen Schwimmers sichtbar ist.

Rittinger, über das Quecksilbermanometer von Arnould in Mons. — Auf dem $^3/_4$ Zoll weiten cylindrischen Quecksilberbehälter ist ein Glasrohr befestigt, in welches oben das Dampfrohr einmündet. Unten communicirt der Quecksilberbehälter mit einer $^1/_4$ Zoll weiten, oben offenen Röhre, in welcher das Quecksilber aufsteigt, wenn Dämpfe

in den Apparat treten. Auf der Oberfläche des Quecksilbers im Behälter liegt aber ein Schwimmer, dessen Stange in dem Glasrohre spielt und daselbst an einer Scala hinstreicht. Letztere braucht nun blos $1/9$ so lang zu sein, als diejenige des offenen Rohres, läßt sich also überall bequem anbringen.

Röhrenkessel von Laurens u. Thomas in Paris. — Bei diesem Kessel läßt sich der ganze Röhren- und Heizapparat mit großer Leichtigkeit herausnehmen und reinigen. Die vorderste Endfläche des Cylinderkessels ist nämlich blos durch eine Flansche vertreten, vor welche eine cylindrische Rauchkiste vorgeschraubt wird, die den Röhrenapparat trägt. Letzterer besteht aus einem weiten Feuerrohr mit Rost, welches hinten in eine noch ganz im Wasserraume des Cylinderkessels liegende Rauchkiste endigt, und aus vielen engen Rauchröhren, welche außerhalb des weiten Feuerrohres zwischen der Rauch- und Feuerkiste angebracht sind. Zur Dichtung der Flansche zwischen der Rauchkiste und dem Cylinderkessel dient ein Ring von vulkanisirtem Kautschuk.

Tod & Mac Gregor's Oberflächencondensator. — Der Dampf tritt seitwärts in einen Cylinder mit doppelten Böden an jedem Ende und vielen dazwischen befestigten engen Röhren. Das kalte Wasser wird an dem einen Ende des Cylinders eingepumpt und tritt erhitzt am andern Ende desselben wieder heraus. Bemerkenswerth ist hauptsächlich die Befestigung der engen Röhren in den Böden des Cylinders, welche nur mittelst Kautschukplatten bewirkt wird. Die Röhren stehen nämlich an beiden Enden etwas über die Rohrplatten hervor und hier sind nun die Kautschukplatten übergeschoben, welche ebenso durchlocht sind, wie die Rohrplatten.

Rittinger, über den Fall fester Körper in Wasser. — Da eine Platte F, welche von einem senkrecht dagegen gerichteten Wasserstrahle mit der Geschwindigkeit v getroffen wird, den Druck $W = F \cdot \frac{v^2}{2g} \delta\gamma$ erfährt, so wird eine in eine Flüssigkeit von der Dichtigkeit $\delta$ fallende horizontale ebene Fläche den Widerstand $W = F \cdot \frac{v^2}{2g} \delta\gamma$ erfahren. Nennt man den Coefficienten $\frac{\gamma}{2g} = \alpha$, so ergiebt sich für einen Körper mit keilförmig zulaufenden Flächen mit dem Winkel $2\beta$ an der Spitze der Coefficient $\alpha_1 = \alpha \sin\beta^2$, für einen senkrechten Kegel ebenfalls $\alpha_2 = \alpha \sin\beta^2$, für die Kugel $\alpha_3 = \frac{\alpha}{2}$. Bezeichnet nun s den Weg, t die Zeit des Falles, d den Durchmesser einer Kugel, $\delta_1$ ihre Dichtigkeit, so hat man weiter

$$s = t\sqrt{\frac{2\gamma}{3\alpha_3} \cdot \frac{d(\delta_1 - \delta)}{\delta}}, \quad \alpha_3 = \frac{2\gamma d(\delta_1 - \delta)}{3\delta}\left(\frac{t}{s}\right)^2$$

und diese Formeln hat Herr Sectionsrath Rittinger auch durch zahreiche, mit Kugeln aus Blei, Zink, Schwerspath, Kupferkies, Spatheisenstein, Kalk, Glas und Kohle von 1 bis 16 Mill. Stärke abgeführte Versuche bestätigt gefunden. Der Mittelwerth für $\alpha_3$ war $\alpha_3 = \frac{\alpha}{2}$. Für kleine Kugeln wird die Fallbewegung eine gleichförmige.

Kemmler, über Kautschukfedern von Goodyears in New-York. — Ein $4\frac{3}{4}''$ dicker, $3'' 11'''$ hoher Kautschukcylinder aus genannter Fabrik wurde mit 100 Zoll-Ctrn. belastet und drückte sich auf $1'' 11'''$, durch Schwingung am Hebel sogar auf $1'' 4'''$ zusammen, ohne nachher die geringste Veränderung zu zeigen. Ein anderer, $3'' 10'''$ dicker, $4'' 9'''$ hoher Kautschukcylinder wurde durch eine ruhende Last von 100 Ctr. auf $1'' 9'''$ und durch Schwingung am Hebel auf $1'' 6'''$ zusammengedrückt und zeigte nachher nur eine bleibende Senkung von $1\frac{1}{2}'''$. Mehrere $4''$ weite Kautschukschläuche aus dieser Fabrik sind seit 1852 bei der Wasserleitung des Heizhauses der Kaiser Ferdinands-Nordbahn in Gebrauch und zeigen noch keine Veränderung.

Fink, Scala für Zahnräder. — Obwohl der Herr Verfasser im Allgemeinen die von Herrn Prof. Wiebe im 7. Bande des Civilingenieur geäußerten Ansichten theilt, so hält er doch mehrere Abweichungen von den dortigen Vorschlägen für vortheilhaft. Zunächst wünscht er durchgängig dasselbe Verhältniß zwischen dem Theilkreis- und Evolutenkreishalbmesser und zwar das Verhältniß 1 : 0,96, dann erweitert er die Zahl der Theilungen auf 12, nämlich 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 und 100 Millimeter, ferner hält er die üblichen Bestimmungen wegen der Zahndimensionen, wonach die Zahnhöhe = 0,75 der Theilung (t), die Zahndicke = 0,48 t, die Länge des außerhalb des Theilkreises gelegenen Zahnes = 0,33 t und diejenige des innerhalb liegenden Theiles = 0,42 t genommen wird, aufrecht und vermehrt die Reihe der Zähnezahlen von 19 auf 28, indem er folgende Zähnezahlen berücksichtigt wissen will:

13. 17. 20. 25. 30. 35. 40. 45. 50. 55. 60.
65. 70. 75. 80. 90. 100. 110. 120. 130. 140. 150.
160. 180. 200. 240. 280. 320.

Die Zahnbreite wird constant gleich der dreifachen Theilung, die Stärke des Zahnkranzes bei ganz eisernen Rädern $= \frac{1}{2}t$, bei Rädern mit Holzkämmen $= \frac{3}{4}t$ gesetzt und die Theilung aus dem Drucke P in Kilogrammen am Umfange des Rades durch die Formel: $t = 2\sqrt{P}$ Millim. bestimmt. Ist N die Zahl der übertragenen Pferdekräfte, u die Zahl der Umgänge pro Minute, r der Halbmesser des Rades in Metern, so hat man auch: $\frac{N}{u} = \frac{rt^2}{3000}$, für Holzkämme aber, welche nur halb so stark (mit 0,6 Kil. pro Quadratmillimeter) in Anspruch genommen werden dürfen, $\frac{N}{u} = \frac{rt^2}{6000}$. Uebrigens sollen bei Holz-Eisenrädern die Zähne gleich stark gemacht werden. Sind b und h die Dicke und Breite eines der n Arme an der Wurzel, so soll b = 0,6 t, $h = \frac{2}{3} t \sqrt{\frac{n_1}{n}}$ gemacht werden, wo $n_1$ die Zahl der Zähne bedeutet; die Nebenrippe wird 0,4 t stark gemacht. Für die Nabe des Rades, deren Bohrung = $d_1$ sein mag, wird die Stärke durch $\delta = 10 + 0{,}3\, d_1$, die Länge durch Zahnbreite $+ \frac{r}{20}$, die Breite der Keilnuth durch $0{,}9\,\delta$ gegeben.

Die Donau-Regulirung bei Wien. —

Munck, Funkenfänger für Schornsteine. — Es wird in den Schornstein ein Blechcylinder eingesetzt, in welchem in Abständen von 2 bis 4″ übereinander Stengelgitter aus 1 bis 2‴ dicken Rundstäben (mit Zwischenräumen von

$^1/_2$ bis 2") derartig befestigt sind, daß die Stäbe von oben gesehen ein feinmaschiges Netz darstellen. Derartige Apparate ersticken jedes Schornsteinfeuer und befördern außerordentlich den Zug; noch besser ist es jedoch, wenn statt der Stengelgitter Rahmen angewendet werden, in welche in Abständen von 1 bis 2 Zoll ungefähr $1^1/_2$ bis 2" breite, aus $^1/_4$ bis $^1/_2$''' dickem Bandeisen gefertigte, unter 30 bis 45° schief gestellte Schienen vernietet sind, welche am obern Ende umgebogen sind. Aehnliche Apparate haben sich auch für Locomobilen als Funkenfänger bewährt und dürften sich nicht weniger für Locomotiven eignen.

Das Civilingenieurwesen auf der Londoner Ausstellung vom Jahre 1862. — Näher beschrieben sind das Modell der Eisenbahn über die cantabrische Pyrenäenkette in Spanien von Vignoles, das Project einer unterseeischen Eisenbahn zwischen Frankreich und England von Chalmers, die Brücken bei Chepstow und Saltash von Brunel, der Viaduct von Drogheda von Mac Neill, der Viaduct über das Barlahthal von Pouch, die Brücken der indischen Eisenbahnen, die Brücke über den Monongahela von Pittar, der Viaduct über das Lunathal von Errington, die Oberbausysteme von Anderstan und von Seaton, das Sicherheitssystem von Wright, das Project einer Kettenbrücke über den Avon bei Clifton von Flawkshaw & Barlow, die Lambethbrücke in London von Barlow, das Project von Brunleß für eine neue Brücke an Stelle der Blackfriarsbrücke in London, die Nothbrücken von Major Jones aus Blechbändern, die Hafen- und Docksanlagen in West-Hartlepool, diejenigen von Tod & Mac Gregor in Glasgow, die schwimmenden Docks von Rennie u. Sohn, das Patentdock von Pile & Comp. und von Clerk, das Schleusenthor von Lawrence, die Leuchtthürme am Bell Rock, am Bishopsrock, von Smalls u. s. w., die Tauchapparate von Maillefer, von Siebe, Barnett u. s. w.

v. Grimburg, Umsteuerung für variable Expansion mit einem Excenter. — Beschreibung und Kritik einer an einer in London ausgestellten Dampfmaschine von Hackworth & J. W. Darlington angebrachten, scheinbar sehr einfachen Steuerung. Es wird dargethan, daß dieselbe in ihrer Leistung mit den Steuerungen von Fink und von Gooch und von Heusinger v. Waldegg identisch ist, also ein constantes Voreilen gewährt, daß sie aber bedeutende Reibungen erzeugt und jedenfalls der Fink'schen Steuerung nachsteht.

Salaba, Versuch einer Theorie des Schnirch'schen Brückensystemes. — Eine längere gründliche Abhandlung, die eines Auszuges nicht fähig ist.

Löwenthal, über die Holzhobelmaschine von Greenwood und Batley in Leeds. — In den Werkstätten am Westbahnhofe zu Wien befindet sich eine Maschine dieser Art, welche sehr befriedigende Leistungen giebt. Sie zeigt an 3 Ständern 5 Paare von Walzen, welche zur Bewegung der zu bearbeitenden Hölzer dienen und durch Gewichte gegeneinander gepreßt werden. Die unteren Walzen rotiren in festen Lagern. Die untere und die Seitenflächen der Hölzer werden durch 12 Zoll breite, hobeleisenförmige Messer, die obere Fläche durch rotirende Messer bearbeitet. Das Fortschreiten beträgt 12' pro Minute und es wurden in einem Tage 500 Stück 8' lange, 10" breite und $1^1/_2$" starke Pfosten auf allen Seiten bearbeitet, was incl. Zinsen für die 5000 Fl. kostende Maschine 10 Fl. oder $^1/_8$ Kreuzer pro Quadratfuß bearbeitete Fläche zu stehen kam, während ein Tischler mit 1 Fl. 50 Kr. Tagelohn nur 15 solche Pfosten pro Tag zu liefern im Stande war. An Betriebskraft sind 5 Pferdekräfte und zur Bedienung 2 Mann erforderlich; die zulässigen größten Dimensionen sind 12" Breite und 6" Höhe.

Strecker, über Eisenbahnschienen aus Gußstahl. — Wenn man annehmen kann, daß die Abnutzung der Eisenbahnschienen von Schmiedeeisen, Puddelstahl und Gußstahl sich ebenso verhalten werde, als diejenige der Radbandagen aus diesen Materialien, welche wie 1 : 2 : 6 angenommen wird, und wenn man ferner annehmen kann, daß die Abnutzung dem täglich über die Schienen laufenden Gewichte proportional sei und für Gußstahlschienen mit derjenigen Abnutzung parallelisirt werden könne, welche Gußstahlbandagen erfahren (nämlich 1 Linie Abnutzung auf 2000 Meilen Dienst bei 5füßigen Rädern und 120 Ctr. Druck), so berechnet sich für gußstählerne Schienen bei täglich 10 Zügen à Maschine, Tender und 10 vierrädrigen Wagen eine Dauer von 77 Jahren für 3 Linien Abnutzung, oder unter Annahme einer zweckmäßigeren Construction des Kopfes eine Dauer von 100 Jahren. Unter Zugrundelegung dieser Dauer und eines Preises von 16,5 Fl. pro Centner Gußstahl und 16pfündiger Schienen ergeben sich die jährlichen Unterhaltungskosten pro lauf. Fuß gußstählerne Schienen zu 0,16 Fl., wogegen sie bei 24pfündigen eisernen Schienen à 8 Kr. pro Fuß und 10jähriger Dauer sich auf 0,192 Fl. belaufen. Es ist hierbei angenommen, daß die gußstählernen Schienen ein kleineres Profil erhalten können, und wird zum Beleg hierfür angeführt, daß an der Rampe hinter dem Aufnahmsgebäude des Wiener Südbahnhofes seit 2 Jahren probeweise 10 Stück Krupp'sche Gußstahlschienen von folgendem Profil: 3" Höhe, $3^3/_4$" Fußbreite, 2" Kopfbreite, 10''' Kopfhöhe, 7''' Halsdicke mit einem Gewicht von 14,8 Pfd. pro lauf. Fuß eingelegt worden seien und sich sehr gut gehalten hätten, wogegen die gleichzeitig eingelegten neuen 24pfündigen eisernen Schienen bereits ausgewechselt werden mußten.

Rittinger, über die Stuhlnägel von Ransomes u. Sims in Ipswich. — Sie sind aus gewöhnlichem Eichenholz gefertigt, aber bis auf $^2/_3$ des ursprünglichen Volumens zusammengepreßt, inwendig mit einem eisernen Dorn versehen und äußerlich mit Graphit gestrichen.

Hohenegger, über das Lithophagon von Ludwig. — Mittheilung mehrer günstiger Resultate mit diesem Kesselsteinpulver.

Hlubek, über Zahnreibung. — Durch eine genauere Untersuchung der Reibungswiderstände bei Zahnrädern gelangt der Herr Verf. zu der allgemeinen Formel:

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1\left(\frac{s}{2R} + \frac{s}{2r}\right) + f\left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\cos\varphi_m + f\frac{D}{2R} + f_1\frac{s}{2R}},$$

worin F die Zahnreibung, P die Triebkraft, R und r die Halbmesser der ineinandergreifenden Räder, D und d die Zapfenstärken, s das arithmetische Mittel aus den Normalen des oberen und unteren Eingriffes, f und $f_1$ die Reibungscoefficienten für die Zapfen und die Zähne, $\varphi_m$ den mittleren

Eingriffswinkel (Winkel zwischen den Normalen und Tangenten) bedeutet. Bei Cycloidalverzahnung ist annähernd $\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{9}{16}\frac{s^2}{r_2}}$, bei Evolventenverzahnung $\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{16}{9}\frac{s^2}{r^2}}$ zu setzen, und wenn $\lambda$ die Höhe des Zahnobertheiles bedeutet, $\cos\varphi = \sqrt{\left(1 - \frac{\lambda}{r}\right)\left(1 + \frac{\lambda}{2R+r}\right)}$, oder annähernd $= \sqrt{\left(1 - \frac{\lambda}{r}\right)}$. Führt man dies in obige Gleichung ein, so erhält man

für Cycloidenzähne:

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1\sqrt{\frac{\lambda}{r}}\left(\frac{r}{2R} + \frac{1}{2}\right) + f\left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{9}{16}\frac{\lambda}{r}} + f_1\frac{r}{2R}\sqrt{\frac{\lambda}{r}} + f\frac{D}{2R}},$$

für Evolventenzähne:

$$\frac{F}{P} = \frac{f_1\sqrt{\frac{\lambda}{r}}\left(\frac{r}{2R} + \frac{1}{2}\right) + f\left(\frac{D}{2R} + \frac{d}{2r}\right)}{\sqrt{1 - \frac{16}{9}\cdot\frac{\lambda}{r}} + f_1\frac{r}{2R}\sqrt{\frac{\lambda}{r}} + f\frac{D}{2R}},$$

wozu eigentlich noch die durch das Gewicht G und g der Räder hervorgerufene Reibung $f\frac{G}{2P}\left(\frac{D}{2R} + \frac{g}{G}\frac{d}{2r}\right)$ hinzuzurechnen ist.

Treviranus, verbesserter hydraulischer Flügel. — Der Herr Verf. weist einem durch Herrn J. v. Hauer erfahrenen Angriffe gegenüber nach, daß seine Verbesserung des Woltmann'schen Flügels, welche in der Anwendung schraubenartig geformter, bis zur Axe hinabgehender Flügel besteht, älter ist als die Vorschläge Baumgarten's, und daß sie wirklich den Vortheil gewährt, daß die Umläufe der Stromgeschwindigkeit proportional ausfallen.

Verbesserungen an Dampfmaschinen. — Ein ungenannter Correspondent spricht sich im „Engineer" über die Vorurtheile der Engländer gegen die horizontalen Dampfmaschinen aus, welche nicht nur leichter und somit billiger seien, als die Balanciermaschinen, sondern auch im Effect den Letzteren nicht nachständen. Wenn man von der stärkeren Abnutzung der unteren Cylinderhälfte durch das Gewicht des Kolbens spreche, so sei das nicht begründet, vielmehr halte sich im Gegentheil diese Seite des Cylinders besser, weil sich die Schmiere am Boden sammele, am besten aber schmiere man die Kolben horizontaler Maschinen mit metallenen Lideringen gar nicht. Wenn man ferner aus der Führung des Kreuzkopfes einen Vorwurf ableite, so sei übersehen, wie geringfügig diese Reibung sei, welche 1 % der Leistung nicht überschreite; es sei aber zweckmäßig, den Gleitblöcken so große Flächen zu geben, daß der Druck pro Quadratzoll höchstens 25 Pfd. betrage. Ueberall solle man variable Expansion anwenden, wozu sich am meisten die Corliß'sche Construction eigne. Von den Steuerungen empfehle sich sehr die Kolbensteuerung von Simpson & Comp., deren Kolben bei kleinen Maschinen und wenn die Kolbenhöhe dem halben Durchmesser gleich sei, gar keine Liderung bedürften. Die Zapfen der Wellen seien lang zu machen. Den Maschinen mit einem Cylinder sei selbst für sehr starke Schraubenschiffsmaschinen der Vorzug vor den gekuppelten oder Zwillingsmaschinen zu geben, weil sie einfacher seien.

**Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.** Jahrg. 1863. Band VII, Heft 7—12.

Werner, Bundgatter. — Das ziemlich detaillirt dargestellte Bundgatter ist ganz nach den neueren Methoden und mit manchen bemerkenswerthen Verbesserungen construirt und arbeitet in der Schneidemühle von F. W. Schramm in Berlin. Das Schiebezeug wird mittelst Frictionsscheiben getrieben und für den Rücklauf findet ebenfalls eine Umkuppelung mittelst Friction statt. Die Befestigung der Klötze am vordern Ende erfolgt mittelst Pressionshebel und stellbarer Pressionsstange.

Lehmann, die Turbinen auf der Londoner Ausstellung. — Wesentlich Neues hat in dieser Branche die Ausstellung nicht gebracht. Beschrieben und durch Skizzen verdeutlicht sind eine Jonvalturbine mit horizontaler Welle vom Hüttenwerk Jenbach in Tyrol, eine Doppelturbine von Fontaine & Brault in Chartres mit Rollschütze und oberer Aufhängung, ein kleines compendiös construirtes Tangentialrad von derselben Fabrik zur Benutzung hoher Gefälle, eine Schiele'sche Turbine für niedere Gefälle (Combination des Systemes der von außen beaufschlagten und der Jonvalturbinen), eine dergleichen für hohe Gefälle mit hängender Wassersäule, eine Partialturbine von Bryan, Donkin & Comp. in Bermondsey nach Fontaine'schem Prinzip, endlich eine Thomson'sche Turbine mit äußerer Beaufschlagung und stellbaren Leitschaufeln von Williamson in Kendal.

Herzberg, die Geschichte der Nähmaschine. — Der Verf. ist der nämliche, welcher auch ein größeres Werk über die Nähmaschinen herausgegeben hat.

Grashof, über die Bewegung der Gase im Beharrungszustande in Röhrenleitungen und Canälen — Nach Beendigung der rein theoretischen Untersuchungen werden nun specielle Fälle betrachtet und zwar zunächst die Bewegung der Luft in einem horizontalen Canale, dessen Wände die Wärme nicht leiten.

Holzhobelmaschine von J. Zimmermann in Chemnitz. — Eine Walzenhobelmaschine mit beweglichem Tisch. Die Messerwalze, welche 2800 bis 3000 Umdrehungen pro Minute macht, läßt sich wie bei andern Hobelmaschinen während des Ganges stellen. Die zu hobelnden Bretter werden vor und hinter der Messerwalze durch Pressionswalzen gegen den mit Holz belegten eisernen Tisch gedrückt, welcher ähnlich wie bei Sägemühlen mittelst Zahnstange und Riementrieb vor- und zurückgeschoben wird. Leistung täglich ca. 500 Bretter oder Pfosten.

Ueber die Steinkohlenheizung bei Locomotiven. — In neuerer Zeit wird die Anwendung der Steinkohle zur Locomotivheizung immer allgemeiner, auch tauchen zahlreiche Vorrichtungen auf, deren Zweck die Verminderung des Rauches ist. Unter diesen ist am meisten besprochen worden die Tenbrinck'sche Vorrichtung, bei welcher der Rost stark (unter 36 bis 40°) nach vorn geneigt und in der Rückwand mit einem Kohlenaufgeberumpfe versehen ist, vorn aber in einem

kurzen beweglichen horizontalen Roste endigt; zur Luftzuführung dient ein Schlitz mit Klappe in der Rückwand und zur Vermittelung einer besseren Mengung der Gase mit der Luft ein schirmförmiger Sieder vor der Rohrwand. Die Rauchverbrennung ist nach Couche bei Saarbrückner Kohle befriedigend und auch eine Ersparniß von 12% damit verbunden. Aehnlich ist die Prüsmann'sche Einrichtung, welche auf der Hannoverschen Westbahn $15\frac{1}{2}$% Ersparniß gewährte, aber des Sieders und Kipprostes entbehrt. Weniger Schwierigkeiten bei der Umänderung verursacht die Bonnet'sche Einrichtung der Feuerkisten, bei welcher nichts Wesentliches an der Tenbrinck'schen Construction geändert ist, als daß die selbstthätige Aufgebung fehlt, sodaß dieselbe Kohlenersparniß erzielt wird, aber das Schüren des Feuers etwas mühsamer ist. Auch die Fontenay'sche Einrichtung ist nicht viel von der Tenbrinck'schen verschieden, nur bildet der Rost eine Art gewölbte Fläche und der Sieder ist mittelst zweier Rohrstutzen an der Hinterwand befestigt und nach vorn geneigt; sie scheint keine Verbreitung gefunden zu haben. Auf Belgischen Bahnen wendet man mit Vortheil eine von Belpaire angegebene Feuerbüchse an, bei welcher der etwa 2,41 Met. lange und 1,12 Met. breite Rost unter $\frac{1}{10}$ geneigt ist und in einem kurzen beweglichen Roste endigt, die mit Chamottesteinen gefütterte Feuerthür aber mehrere Luftöffnungen besitzt. Bei der Friedmann'schen Einrichtung ist ein sich über $\frac{3}{4}$ der Rostfläche ausbreitender, nach dem Roste zu geneigter Blechschirm angewendet und die Luftzuführung geschieht durch die theilweise offenstehende Feuerthür, weshalb diese Feuerung kaum eine Brennmaterialersparniß realisiren dürfte. Die Herzogl. Braunschweigische Bahn erzielt mit der Feuerkiste von Behne & Kool, bei welcher ein wenig geneigter dünnbedeckter Vorverbrennungsrost, ein stärker geneigter und tiefer liegender Nachverbrennungsrost und ein kurzer horizontaler Kipprost zu unterscheiden ist, welche durch zwei Oeffnungen in der Rückwand beschickt werden, sehr befriedigende Resultate, nämlich 30 bis 60 (?) Procent Ersparniß. — Nach Mittheilungen in der Zeitsch. des Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. erhielt man durch Einführung der Steinkohlenheizung auf der Wilhelmsbahn bis 70 Procent Ersparniß gegen Cokes; die Heizwerthe von Steinkohlen und Cokes stellten sich nach Versuchen in Hannover und auf andern Bahnen ziemlich gleich.

Habrich, über bessere Ausnutzung des Dampfes. — Bei zweicylindrigen Maschinen soll der im ersten Dampfcylinder gebrauchte Dampf, ehe er nach dem Expansionscylinder strömt, durch Heizröhren im Dampfkessel hindurchgeführt werden, um Wärme aufzunehmen.

Budenberg, über den Nachtheil von Undichtheiten am Wasserstandsglase. — Ist die Dampfstopfbüchse nicht gehörig dicht, so finden bedeutende Abweichungen zwischen dem Wasserstande im Kessel und im Wasserstandsglase statt, weil in Letzterem eine geringere Pressung herrscht.

Ueber Kautschukriemen. — Solche sind für kleine Scheiben und bei gekreuzten Riemen nicht zu empfehlen.

Schönemann, Kohlenförderung mit kleinen Locomotiven. — Auf der kön. Steinkohlengrube Gerhard-Prinz-Wilhelm sind seit ca. $2\frac{1}{2}$ Jahren zur Förderung der Steinkohlen vom Stollnmundloche weg nach den Verladeplätzen an Stelle der Pferde kleine Locomotiven in Anwendung gekommen. Die Bahn hat Curven bis zu 50 Ruthen Radius hinab und Steigungen bis zu $\frac{1}{60}$, ist 850 Ruthen lang und zweigleisig. Spurweite (wie bei den gewöhnlichen Grubenwagen) $27\frac{3}{4}$"; Schienengewicht 9,22 Pfd. pro lauf. Fuß. Die Schienen sind 3" hoch, 18' lang und liegen auf 8 Schwellen (incl. beide Stoßschwellen), sind mittelst eiserner Unterlagsplatten, Laschen und Schrauben befestigt und $\frac{1}{16}$ nach Innen geneigt. Die Locomotiven sind Tendermaschinen mit außenliegenden Cylindern von $5\frac{3}{4}$" Durchmesser und 12" Hub; sie besitzen zwei gekuppelte Treibaxen mit $20\frac{1}{4}$zolligen Rädern, welche vor der Feuerbüchse liegen, und eine Laufradaxe mit $15\frac{1}{2}$zolligen Rädern. Der Radstand beträgt zwischen den Treibaxen $42\frac{3}{8}$", der größte Radstand $82\frac{1}{2}$" und die ganze Länge der Maschinen $153\frac{1}{4}$". Zu beiden Seiten der Maschine hängen Wasserkästen, ein dritter zwischen den beiden Treibaxen unter dem Kessel. Die Steuerung erfolgt mittelst Coulisse und zwei Excentern, welche äußerlich angebracht sind. Die kupferne Feuerkiste ist innerlich 18" lang und breit und $28\frac{1}{2}$" hoch und dient zur Befestigung von 47 messingenen Rauchrohren von $1\frac{1}{2}$" Weite; directe Heizfläche 13, indirecte 103 Quadratfuß, Länge der Rauchröhren 5' 9". Schornsteinhöhe 7' 6" von der Schienenoberkante an gemessen, Weite 8". Gewicht der leeren Maschine 84 Ctr., der geladenen 103 Ctr. Kohlenverbrauch pro 1000 Lachter (à $6\frac{2}{3}$') 28 und beim Leergange 7 Pfd., Oelverbrauch $3\frac{1}{4}$ Loth. Die 500 bis 600 Pfd. schweren Förderwagen haben $4\frac{1}{2}$' lange, 27" hohe und 24" weite Kästen, welche 10 Ctr. Kohlen fassen und auf zwei 17" auseinanderstehenden festen Axen ruhen. Die geladenen Wagen gehen bergab und eine Maschine zieht in der horizontalen Curve von 50 bis 80 Ruthen Radius 40 geladene Wagen mit 5 bis 6' Geschwindigkeit, bergan aber 56 leere Wagen mit $9\frac{1}{2}$' Geschwindigkeit. Die Transportkosten betragen auf 850 Ruthen Bahnlänge pro 100 Ctr. 9 Sgr. 7,17 Pf. Versuchsweise ward mit einer solchen Maschine auch auf einem 9000 Lr. langen Stolln gefördert, wobei sich aber ergab, daß die Unreinigkeit der Schienen die Zugkraft bis auf die Hälfte vermindert, daß zur Beseitigung des Rauches eine besonders kräftige Ventilation erforderlich ist, und daß der Schornstein seitwärts gebogen werden muß, damit der Rauch den Locomotivenführer nicht belästige. Eigenthümlich ist die Construction der Dampfkolben. Die Liderung besteht nämlich aus zwei etwas excentrisch gedrehten, ineinander steckenden und gut ineinander geschliffenen, an der dünnsten Stelle aufgeschnittenen gußeisernen Ringen, welche an der Schnittstelle mit einem eingesetzten gußeisernen Plättchen gedichtet und anfänglich um $\frac{1}{4}$ Linie größer als der Durchmesser gedreht sind. — Beachtenswerth sind auch die vom Herrn Verf. angegebenen Verbesserungen des Giffard'schen Injectors. Sie bestehen darin, daß statt der engen Löcher, durch welche der Dampf einströmt, lange ovale Schlitze angebracht sind, um der Verstopfung vorzubeugen, ferner darin, daß das Gewinde der Spindel ins Freie verlegt ist, wo es besser vor Abnutzung geschützt ist, endlich darin, daß beide Dichtungen des Apparates frei gelegt und zum besondern Anziehen eingerichtet sind.

Lehmann, über den Feuerdämpfer von Phillips. — In einem tragbaren Eisenkessel befindet sich ein cylindrisches Gefäß mit einem chemischen Präparat und einem Zünder, welches auf Wasser schwimmt. Wird die Lunte angezündet, so entwickelt sich Kohlensäure und Stickgas, zugleich bildet sich aber auch Wasserdampf und diese Gase strömen in einem starken Strahle ungefähr 1 Minute lang aus dem Ablaserohre aus und ersticken ein beginnendes Feuer.

Goar's Riemenausrücker — garantirt, daß der Riemen weder auf der Fest-, noch auf der Losscheibe seine Lage verlassen kann. Der Riemenleiter hat nämlich an der untern Seite zwei Einschnitte, in welche eine Sperrklinke einfällt, welche mit dem Ausrückhebel zusammenhängt. Beim Ausrücken wird zunächst die Sperrklinke ausgelöst und dann der Riemenleiter verschoben, in welchen die Sperrklinke wieder einfällt, wenn er bis in die zweite Stellung gelangt ist.

Harrison's gußeiserner Dampfkessel. — Derselbe besteht aus vielen zusammengeschraubten kastenartigen Gußstücken, welche vom Feuer umspielt werden, deren Form aber ohne Zeichnung nicht zu verdeutlichen ist. In Manchester sind schon mehrere derartige Kessel mit hoher Spannung in Betrieb und geben zu keinem Tadel Anlaß, doch dürfte ihre Haltbarkeit in Zweifel zu ziehen sein.

Wolf's Locomobile — zeichnet sich dadurch aus, daß der Dampfcylinder mit dem umschließenden Dampfdom aus einem Stück gegossen ist, und daß die Grundplatte, welche die Schwungradwellenlager, die Geradführung der Pumpe und den Regulator trägt, nur an zwei Stellen mit dem Kessel verbunden ist.

Wenham's Locomobile — zeigt zwei Cylinder nach Woolf'schem System und einen dazwischen eingeschalteten Ueberhitzungsapparat, welchen der Dampf durchströmt, wenn er aus dem kleinen Volldruckcylinder in den Expansionscylinder übergeht. Nach Bremsversuchen braucht diese Locomobile 4,06 Pfd. Steinkohle und ½ Pfd. Wasser pro Pferdekraft und Stunde.

Andreä's Wassersammler — hält die zum Kochen und Heizen benutzten Dämpfe in den Gefäßen zurück und läßt nur das Condensationswasser abfließen. Er beruht auf der Ausdehnung des Wassers und besteht aus einem Gefäße, welches oben durch ein Rohr mit dem Kochapparate u. s. w. verbunden ist und unten ein Abflußrohr besitzt, und aus einem in diesem Gefäße fußenden, mit Wasser gefüllten und unten durch eine Kautschukplatte geschlossenen und damit auf einem Fuße aufstehenden Rohre. Im Deckel des Gefäßes befindet sich ein Ventilsitz und das dazu gehörige Ventil sitzt an dem Wasserrohre. Tritt Dampf ein, so dehnt sich das Wasser so, daß das Ventil geschlossen ist; das kühlere Condensationswasser bewirkt aber eine Oeffnung des Ventiles, durch welches es dann entweichen kann.

Lehmann's entlasteter Schieber. — Die Entlastung erfolgt durch einen mit dem Schieber verbundenen Kolben, der sich aber in seiner Stopfbüchse nicht verschiebt, weil er mittelst einer Schwinge mit dem Schieber verbunden ist. Durch diese Entlastung, welche an den Schiebern einer Fördermaschine angewendet ist, wird die Handhabung des Steuerhebels sehr erleichtert.

Kühne, Verbesserung am Dampfindicator. — Wenn die Dampfeintrittsöffnung eines Dampfcylinders sehr plötzlich geöffnet wird, wie bei den Corliß'schen Maschinen, so entstehen am gewöhnlichen Indicator in Folge der Beschleunigung der bewegten Massen Schwingungen, welche die Volldrucklinie nur schwer erkennen lassen. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, hat Herr Kühne noch einen Luftpuffer am Indicator angebracht, indem er auf dieses Instrument einen Luftcylinder mit verstellbarem Austrittsventil in der Decke aufsetzte, in welchem sich ein an einer Verlängerung der Dampfkolbenstange sitzender, mit einer leichten, sich nach oben öffnenden Klappe bedeckter Luftkolben bewegt. Derselbe erzeugt beim Aufgange soviel Widerstand, als zur Vernichtung der Beschleunigung der Massen erforderlich ist, sodaß das Instrument einen ganz ruhigen Gang erhält. Um dasselbe schnell für jede Dampfspannung anpassen zu können, ist eine Vorkehrung getroffen, daß sich der Raum über dem Luftkolben mit größter Bequemlichkeit vergrößern oder verkleinern läßt.

Werner, über die Condensation des Dampfes in den Dampfcylindern. — Unter Voraussetzungen, welche ganz angemessen erscheinen, berechnet der Herr Verf., daß der Verlust durch Flächencondensation für die mit schlechten Wärmeleitern umhüllten Dampfcylinder einer gewöhnlichen Dampfmaschine ohne Condensation bei Volldruck 3,4, bei ⅓ Füllung 4,6 % des verbrauchten Dampfes, bei eincylindrigen Condensationsmaschinen aber mit Volldruck 8,26, mit ⅕ Füllung 16 und mit $^1/_{10}$ Füllung 28, endlich bei Woolf'schen Maschinen mit $^1/_{10}$ Füllung 21 % des verbrauchten Dampfes betrage, woraus sich dann weiter ergiebt, daß hinsichtlich des Dampfverbrauches die zuletzt genannte Maschine ein 3,04, eine Condensationsmaschine mit 3facher Expansion aber ein 2,35 mal so hohes Güterverhältniß besitzt, als eine gewöhnliche Dampfmaschine ohne Expansion und Condensation (die Dampfspannung ist überall zu 4 Atmosphären angenommen). Diese Erörterungen zeigen auch, daß große Kolbengeschwindigkeit nützlich ist. Uebrigens reichen die gefundenen Ziffern nicht zur Erklärung der Stimers'schen Versuche (Civilingenieur, Bd. 7, S. 311) hin und die von Herrn Völckers aufgestellte Vermuthung, daß bei den fraglichen Versuchen Dampfkolben und Schieber, oder eines von Beiden, undicht gewesen sein müßten, gewinnt dadurch noch an Wahrscheinlichkeit.

v. Hoff, über Gichtgasfänge. — Eine von Skizzen begleitete Beschreibung der allmälig vorgenommenen Verbesserungen in der Ableitung der Hohofengichtgase.

Kaiser, über die Bildung der Kabel zu Drahtseilhängebrücken. — Bei der Lambeth-Brücke zu London ist jedes der 4 Hauptkabel aus 7 parallelen Drahtseilen, jedes Seil aber aus 7 spiralförmig zusammengeschlagenen Litzen und jede Litze aus 7 Dräthen gebildet, und es wird hier darauf aufmerksam gemacht, wie fehlerhaft diese Anordnung eigentlich sei. Es müssen nämlich die in der Mitte der übrigen 6 Litzen oder Dräthe befindlichen mittelsten Litzen und Dräthe eine ungleich höhere Spannung erfahren, als die äußeren.

Jansen, über die Heizkraft verschiedener Steinkohlensorten. — Nach einer in der Zeitsch. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preuß. Staate auf S. 23 u. flge. des Jahrg. 1863 abgedruckten größeren Abhandlung gaben Heizversuche, welche auf der Kön. Werft in Danzig mit einem 11¼' langen, 3¾' weiten und mit 32 Stück 2¼" weiten und 6' langen schmiedeeisernen Rauchröhren versehenen Dampfkessel abgeführt wurden, folgende durchschnittliche Resultate:

| | Verdampftes Wasser in Pfd. pro Pfd. Kohle. | Gewicht von 1 Cbkf. Kohle in Pfd. | Rückstände in Proc. |
|---|---|---|---|
| Englische Kohlen | 6,323 | 47,50 | 6,46 |
| Westphälische „ | 6,657 | 45,28 | 4,45 |
| Waldenburger „ | 6,403 | 46,67 | 5,21 |
| Zwickauer „ | 5,753 | 44,28 | [illegible] |

Schiele, Betrachtungen über künstliche Beleuchtung und deren Beziehungen zur Cultur. — Ein in der 6. Hauptversammlung des Vereines zu Braunschweig gehaltener schwungvoller Vortrag.

Buch, über schmalspurige Eisenbahnen für Pferde- und Locomotivenbetrieb. — Diese Abhandlung giebt namentlich interessante Notizen über die Pferdebahn der Bröhlthaler Eisenbahngesellschaft von Hennef nach Ruppichteroth, welche zum Transport von Kalkstein bestimmt und 5240 Ruthen lang ist. Diese Bahn fällt von Ruppichteroth nach Hennef so stark, daß die geladenen Züge ohne Zugkraft hinablaufen und mit Bremswagen versehen werden müssen. Das stärkste Gefälle beträgt 1:80 und auf der 660 Ruthen langen Zweigbahn nach Schönberg 1:45, der kleinste Curvenradius 120'. Als Bahnplanum ist das rechtseitige Banquet der Chaussee benutzt. Die Schienen sind 2" 10"' hoch und wiegen 7 Pfd. pro lauf. Fuß; sie stehen 2' 6" auseinander. Die Wagen, welche mit Seitenthüren und schiefem Boden zum Selbstentleeren eingerichtet sind, fassen 100 Ctr. und wiegen 50 Ctr. Ein Pferd zieht auf der Hauptbahn $3\frac{1}{2}$ leere Wagen aufwärts. Scheibengußräder bewährten sich schlecht; man wendet daher $2\frac{1}{2}$' hohe schmiedeiserne Speichenräder mit Puddelstahlbandagen an, wovon auf jeder Are eins lose aufgesteckt ist.

Ludewig, über entlastete Dampfschieber. — Eine sehr lehrreiche Beschreibung mehrer neuerer Constructionen solcher Schieber. Man kann im Allgemeinen 5 Classen von entlasteten Schiebern unterscheiden, nämlich 1. solche, wo sich der Schieber ohne Schieberkasten frei in der Luft bewegt, 2. solche, wo er am ganzen Umfange in ein Gehäuse eingeschlossen ist, 3. solche, wo der Rücken des Schiebers durch eine feststehende dampfdicht abschließende Platte gebildet wird, 4. solche, wo der Schieber mit einer einen gleich starken Gegendruck aufnehmenden, nicht mit hin- und hergehender Fläche verbunden ist, und 5. solche, wo die gedrückte Rückenfläche (ganz oder zum Theil) direct unterstützt ist. Zu den Schiebern der ersten Classe gehört derjenige von Cuvelier, bei welchem mit dem eigentlichen Schieber ein den Schieberkasten vertretendes Gehäuse verbunden ist, in welches der Dampf durch einen am Cylinder angebrachten Canal eintritt. Damit dieser Schieber nicht abgehoben wird, sind darüber zwei durch Schrauben dagegen gepreßte Walzen angebracht; es ist aber wegen der Temperaturwechsel jedenfalls schwer, solch einen Schieber dampfdicht zu erhalten. Zur 2. Classe gehören Watt's D förmige Schieber, Jobin's Entlastungsschieber (siehe d. Bl. Bd. 6, S. 76), die Wilson'schen Drehschieber (d. Bl. Bd. 5, S. 64) u. s. w. Eine neuere Construction ist diejenige von Chelius, bei welcher sich zwei hohle Hähne ineinander bewegen und der Dampf aus dem Innern durch Schlitze nach den Dampfwegen des Cylinders abzieht. Der innerste Hahn ist der Expansionsschieber, der äußere der Vertheilungsschieber und damit Letzterer ganz entlastet ist, sind den Schlitzen gegenüber ebenfalls Ausschnitte, vor den festen Theilen aber (wie beim Schitko'schen Hahne) Elidirungen angebracht. Bei den Schiebern der 3. Art ist das Nachstellen der Entlastungsplatte und die Unterhaltung der öfters damit verbundenen Dichtung eine nicht wohl zu überwindende Schwierigkeit. Am besten dürfte noch die Reuleaux'sche Construction sein, bei welcher die kastenförmige Entlastungsplatte mittelst einer Kautschukplatte am Deckel des Schieberkastens befestigt ist und durch Oeffnungen im Deckel der atmosphärische Druck auf den Schieber übertragen wird; indessen läßt sich bei dieser Construction nicht ein auf dem Grundschieber gleitender Expansionsschieber anbringen, auch dürfte für die Rückenplatte des Schiebers sich mitunter wohl eine unbequeme Größe ergeben. Bei den Schiebern der 4. Classe dient zur Entlastung ein sich in einer Stopfbüchse verschiebender Gegenkolben, wie bei der auf S. 45 beschriebenen Lehmann'schen Construction. Endlich ist die 5. Classe entweder so, daß der ganze Schieber unterstützt wird (Bristol), oder so, daß ein Theil des Schiebers von oben her getragen wird (Zeh), oder so eingerichtet, daß ein Theil von unten aus gestützt wird (Lindner und Schaltenbrand), wovon letztere Methode jedenfalls den Vorzug verdient, weil sie die Anwendung von Expansionsschiebern gestattet und statt der gleitenden blos eine rollende Reibung erzeugt. Der Lindner'sche Schieber ist in d. Bl. Bd. 9, S. 21 und 34 beschrieben; bei dem Schaltenbrand'schen Schieber dient zur Entlastung eine durch zwei Füße im Dampfaustrittscanale getragene Platte und der Schieber besteht aus zwei, zusammen gewissermaaßen ein Glockenventil bildenden Theilen, deren unterer Rand auf dem Schieberspiegel, der obere aber auf der Platte gleitet.

List, Instrument zum Messen der Stärke des Zuges bei Oefen. — Zum Vergleichen des Zuges von Oefen wendet der Herr Verf. eine horizontale, etwa 1 Met. lange, 3 Mill. weite, an beiden Enden mit 10 Cent. hohen und 1,5 Cent. weiten Aufsatzstücken versehene, mit Steinöl gefüllte und eine Luftblase einschließende Röhre an, welche am einen Ende durch einen Kautschukschlauch mit einem in den Zugcanal gesteckten Eisenrohre in Verbindung steht und neben dem langen, horizontalen Rohre eine Scala besitzt, an welcher man die Verschiebung der Luftblase wahrnehmen kann. Wird durch den Zug eine Luftverdünnung auf der einen Seite des Apparates bewirkt, so steigt hier der Spiegel des Steinöls um eine entsprechende Größe und fällt an dem andern Ende um ebenso viel, die Luftblase aber verschiebt sich um eine viel bedeutendere Länge, da der Querschnitt der horizontalen Röhre blos $\frac{1}{25}$ von demjenigen der beiden Aufsatzstücken am Ende beträgt.

Ueber die beste Construction von Sicherheitsventilen. — Herr Thometzek erklärt als solche Ventile mit einer höchstens $\frac{1}{16}$" breiten Auflagerungsfläche auf horizontalem Sitze mit Führung nach oben und directer hängender Belastung, wogegen Herr Gier das Bedenken ausspricht, daß bei letzterer Belastungsweise das Ventil sich schwerlich genügend öffnen werde.

Reichel, über die Verbindung des Hammerklotzes mit der Kolbenstange bei Dampfhämmern. — Beim Nasmyth'schen Dampfhammer wird dieselbe durch einen in zwei Hälften getheilten, äußerlich nach einer Kugel abgedrehten Ring bewirkt, welcher über die conisch zulaufende Kolbenstange gelegt und durch zwei Keile angezogen wird.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

№. 4.

## Literatur.

Dr. A. L. Crelle's Rechentafeln, welche alles Multipliciren und Dividiren mit Zahlen unter Tausend ganz ersparen, bei größeren Zahlen aber die Rechnung erleichtern und sicherer machen. Zweite Stereotyp-Ausgabe mit einem Vorworte von Dr. C. Bremiker. Berlin, 1864. Druck und Verlag von Georg Reimer.

Wenn die Crelle'schen Rechentafeln bei den Rechnungen des Ingenieurs seither weniger in Anwendung gekommen sind, als sie verdienen, so liegt dies unstreitig hauptsächlich darin, daß sie seit lange im Buchhandel gänzlich verschwunden waren. Es liegt aber auf der Hand, daß ein großes Einmaleins, welches alle Producte der Zahlen unter Tausend umfaßt, häufig das Rechnen weit mehr erleichtern muß, als Logarithmentafeln; bei den gewöhnlichen Rechnungen des Ingenieurs werden solche Tafeln meist die ganze Rechnung auf ein bloses Aufschlagen und Abschreiben reduciren, da man sehr gewöhnlich nur mit dreistelligen Zahlen zu thun hat. Größere Rechnungen erleichtern sie aber deshalb ganz bedeutend, weil sie das Zusammenfassen mehrerer Ziffern bis zu dreien gestatten, z. B. die Multiplication von zwei 6ziffrigen Zahlen auf das Aufschlagen und Addiren von 4 Producten reduciren. Trigonometrische Rechnungen lassen sich ebenfalls sehr gut damit ausführen, wenn man eine Tafel der wirklichen Längen der trigonometrischen Linien zur Hand nimmt und blos die drei oder vier ersten Decimalstellen benutzt, was meistentheils genügen wird. Große Erleichterung schafft die Tafel bei solchen Rechnungen, wo, wie bei vielen geodätischen Rechnungen u. dergl., mehrfache Producte zweier in der Tafel liegenden Factoren vorkommen, sowie bei solchen mathematischen Formeln, die sich durch Logarithmen nicht direct berechnen lassen. Daß die Rechnung mit diesen Tafeln nicht nur bequemer, sondern auch sicherer sein müsse, als das gewöhnliche Rechnen, geht schon daraus hervor, daß man dabei weit weniger einzelne Operationen auszuführen hat, und den Logarithmen gegenüber gewähren sie den Vortheil, daß man die Ueberzeugung von der Richtigkeit des Resultates speciell versogen kann und nicht blos angenäherte, sondern vollständig richtige Resultate erhält. Der Name des jetzigen Herausgebers ist zugleich eine Bürgschaft für die Correctheit der Tafeln, deren bequeme Einrichtung, deutlicher Druck und sonstige schöne Ausstattung alle Anerkennung verdient.

Katechismus der elektrischen Telegraphie. Von L. Galle, Director der Königl. Sächsischen Staats-Telegraphen. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 132 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig. Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber. 1864.

Kurz vor seinem allzufrüh erfolgten Tode hat der Verf. vorliegenden nützlichen Buches noch die dritte Auflage desselben zum Drucke befördert und mehrfach vervollständigt und verbessert. Es wird seinem Namen zum ehrenden Angedenken bleiben, denn es dürfte schwer sein, eine für weitere Kreise bestimmte Belehrung über die elektrische Telegraphie klarer und kürzer zu geben; ist doch auch das wenig umfängliche Buch vielen Telegraphenbeamten von bestem Nutzen gewesen, ob es gleich ursprünglich nicht eigentlich für das technische Publikum geschrieben worden ist. Wir geben eine Inhaltsübersicht, um zu zeigen, daß es Allen, welche sich ein klares Bild von diesem täglich mehr benutzten Communicationsmittel verschaffen wollen, auf's Wärmste zum Nachlesen zu empfehlen und vorzüglich geeignet ist, zu einem speciellen Studium der Telegraphie vorzubereiten. Das erste Kapitel handelt von den älteren Methoden der Telegraphie, der optischen und akustischen, und deren Uebelständen, das zweite von der Reibungselektricität und ihrer Anwendung zum Telegraphiren, das dritte, vierte und fünfte Kapitel von der galvanischen Elektricität, ihren Apparaten und Erscheinungen, und das sechste von der Anwendung des Galvanismus auf die Telegraphie. Durch das siebente und achte Kapitel, welche vom Magnetismus und Elektromagnetismus, von den Inductionserscheinungen und der Magnetoelektricität handeln, wird nun die Beschreibung der neueren Telegraphenapparate vorbereitet, von denen die Nadeltelegraphen im neunten, die Zeigertelegraphen mit Wecker im zehnten und die Drucktelegraphen im elften Kapitel abgehandelt sind. Das nächstfolgende Kapitel enthält die wichtige Combinationslehre und ist daher namentlich den Telegraphenbeamten zum Nachlesen zu empfehlen, dann folgt ein Kapitel über die Telegraphenleitungen und den Einfluß der atmosphärischen Elektricität und im Schlußkapitel werden elektrische Uhren beschrieben und einige statistische Notizen mitgetheilt.

Technisches Hilfs- und Handbuch. Zum Gebrauche für Ingenieure und Architekten, Maschinen- und Mühlen-Bauer, Fabrikanten, technische Behörden und Freunde der Technik überhaupt bearbeitet von H. Rößler, Großh. Hessischem Geh. Oberbaurath. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten. Dritte Lieferung. Wiesbaden. C. W. Kreidel's Verlag. 1864.

Mit dieser Lieferung ist das auf S. 3 des vor. Jahrg. d. Zeitsch. bereits besprochene technische Hilfs- und Handbuch

beendigt. Sie enthält die Dampfmaschinen, die Maschinenelemente, Hebemaschinen, Pumpen, Spritzen und Gebläse, längere Abschnitte über das Eisenbahnwesen, über Heizung, Beleuchtung und das Baufach, endlich einen Anhang mit Ergänzungen, sowie technischen Angaben über Mühlen, Brotbäckerei, Ziegel- und Kalkbrennerei und mit andern Notizen. Namentlich in diesem Hefte ist der Nutzen der ausführlicheren Erläuterungen zu erkennen, welche in diesem Buche den Formeln beigegeben sind und den Zweck haben, dasselbe auch für minder Bewanderte benutzbar zu machen, für die es die Stelle eines kurzgefaßten Hand- oder Lehrbuches vertreten mag. Der Herr Verf. nennt gewissenhaft seine Quellen und verweist mehrfach auf die einschlagende Literatur; er giebt häufig die Formeln verschiedener Autoritäten zugleich, was dem Leser Gelegenheit giebt, sich ein selbstständiges Urtheil zu bilden, und erläutert die Anwendungen durch ausgerechnete Beispiele. Ueberall ist besonders danach gestrebt, nur praktisch Brauchbares zu bieten und eine richtige Beurtheilung der behandelten Gegenstände zu erleichtern, somit dürfte sich dieses Hilfs- und Handbuch besonders für Solche eignen, denen das Verständniß und die Benutzung bloser Sammlungen von Tafeln und Formeln schwer fällt.

Das Bessemern in Schweden in seiner jetzigen Praxis. Von L. E. Boman, Hütteningenieur des schwedischen Gewerkenvereins „Jern-Kontoret". Mit einem Vorwort von P. Tunner. Nebst einer lithographirten Tafel. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1864.

In der Hoffnung, unter unsern Lesern auch einige Eisenhüttenleute zu besitzen, und in der Ueberzeugung, daß auch sonst unter den Maschinenbau- und Civilingenieurs ein lebhaftes Interesse für den neuen und, wie es scheint, für die Eisentechnik so hochwichtigen Proceß der Bessemer'schen Schmiedeeisen- und Stahlbereitung existirt, wollen wir nicht verfehlen, auf die obengenannte kleine Schrift aufmerksam zu machen, in welcher zum ersten Male die Erfahrungen eines Praktikers über diesen Gegenstand und nicht blos theoretische Untersuchungen über den fraglichen Proceß, sondern eine wirkliche praktische Anleitung dazu veröffentlicht wird. Betrifft dieselbe zunächst auch nur das schwedische Verfahren, so vermindert dies den Werth dieser Abhandlung keineswegs, da die Methode im Allgemeinen dieselbe ist, wie in England, und die einfacheren schwedischen Apparate ihrer Billigkeit wegen leichter einen Versuch und die Ausführung des Bessemern im Kleinen gestatten, als die beweglichen Apparate des Erfinders. Somit ist diese auch von dem berühmten Eisenhüttenmann P. Tunner warm empfohlene Schrift als die hervorragendste Publication über diesen Proceß zu bezeichnen.

---

## Referate aus technischen Zeitschriften.

**Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.** Jahrg. 1863. Band VII, Heft 7—12.

(Schluß.)

Ueber das Verhalten verschiedener Dämpfe bei der Expansion und Compression. — Clausius hat zuerst nachgewiesen, daß Aetherdämpfe, welche ohne beigemischte Flüssigkeit gerade gesättigt sind, bei der Expansion und Compression sich gerade umgekehrt wie Wasserdämpfe verhalten, nämlich bei der Expansion in den überhitzten Zustand übergehen und bei der Compression sich theilweise niederschlagen, wenn dabei weder Wärme zu-, noch abgeführt wird. Hierauf zeigt Prof. Dr. Zeuner in der „Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 1863, daß sich leicht an der Beschaffenheit einer gewissen Temperaturfunction erkennen lasse, wie sich die Dämpfe in dieser Beziehung verhielten. Diese Temperaturfunction ist die folgende: $F(t) = T\frac{dX}{dt} - X + q$, worin X die sogenannte Gesammtwärme, d. h. diejenige Wärmemenge, welche der Gewichtseinheit Flüssigkeit von 0° zugeführt werden muß, um sie unter dem der Temperatur t entsprechenden Drucke in Dampf von t° zu verwandeln, und q diejenige Wärmemenge bedeutet, welche zur Erwärmung der Flüssigkeit von 0 auf t° erforderlich ist. Alle Gase, für welche diese Function einen negativen Werth hat, verhalten sich wie Wasserdampf; für den Aetherdampf giebt sie einen positiven Werth.

Ueber das Schwimmen festen Eisens auf flüssigem. — Bei der in der Hauptversammlung des Vereines zu Braunschweig über diesen Gegenstand veranlaßten Discussion wurde die von Hr. Centner im Civilingenieur, Bd. 9, S. 119, ausgesprochene Ansicht zunächst von Hr. Gruson deshalb angegriffen, weil nach seinen Beobachtungen die verschiedenen Eisenschichten um so höher schwämmen, je kälter sie seien, d. h. von oben nach unten hin an Temperatur zunähmen. Herr Weber macht darauf aufmerksam, daß das Eisen sich, wenn es bis zum Glühen erhitzt worden, bedeutend mehr ausdehne, als sein Volumen im geschmolzenen Zustande betrage, wozu aber Herr Kayser bemerkt, daß beim Gießen von Eisen im Moment des Erstarrens keineswegs der Kern herausgedrückt werde, sondern vielmehr ein Einsaugen zu bemerken sei. Herr Weber hebt auch hervor, daß Bleikugeln nicht auf flüssigem Blei schwämmen, was Herr Marsch dadurch erklärlich findet, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem starren und flüssigen Zustande eine sehr geringe sei, glaubt aber auch nicht, daß das Eisen soviel Gas absorbiren könne, um durch dessen Ausströmung getragen zu werden, zumal da das Eisen so lange auf der Oberfläche treibe, bis es abgeschmolzen sei und durch die Abschmelzung doch jedenfalls die Gashülle verschwinden müsse. Herr Scheffler erklärt das Schwimmen blos durch den unvollkommen flüssigen Zustand des flüssigen Eisens, welcher dem Einsinken des festen Körpers einen solchen Widerstand entgegensetze, daß derselbe um ein gewisses Maaß specifisch schwerer sein könne, als das flüssige Eisen.

Thometzek, Versuche über die Tragfähigkeit hölzerner Träger. — Die Versuche beziehen sich auf Modelle von 48" freier Länge und 7½" Höhe; die beiden Streckbäume sind 1½" breit und 1¼" hoch, die Gitterstäbe unter 45° geneigt und 1⅛ Quadratzoll, die Hängeschrauben $^5/_{32}$" stark. Die geringste Durchbiegung zeigte die Construction, bei welcher die Streben von beiden Enden nach der Mitte zu ansteigen und an den Knotenpunkten verticale Hängeschrauben angebracht sind. Gezahnte Träger von 2½" Höhe und 1½" Stärke besitzen eine weit größere Tragfähigkeit als verdübelte, welche aus zwei 1½" breiten und 1¼" hohen,

durch eingesetzte Holzklötze und Schrauben unter sich zu einem 3¼″ hohen Träger verbundenen Balken bestehen.

Thometzek, transportable einfachwirkende Dampfmaschine zur Wasserhebung. — Das System der directwirkenden Dampfkünste, welches für große Gezeuge so zweckmäßig ist, läßt sich seiner Complication wegen nicht wohl für schwache Gezeuge, wie sie z. B. zum Abteufen von Schächten nöthig sind, anwenden, für diese Zwecke hat aber J. G. Hofmann in Breslau die nachstehend zu beschreibende Dampfmaschine angegeben, welche auf Schiebersteuerung und so eingerichtet ist, daß sie direct über oder im Schachte aufgestellt und mit dem Pumpensatze gesenkt werden kann. Der Dampfcylinder ist durch Knaggen zwischen zwei Langbäumen befestigt, welche zugleich mit zur Auflagerung der Steuerwelle dienen und durch Senkschrauben hinabgelassen werden können. Die Kolbenstange geht durch den Boden hindurch und ist direct mit dem Kunstgestänge verbunden, welches an der Verbindungsstelle einen eisernen Querriegel zur Hubbegrenzung und zur Befestigung der Steuerstangen trägt. Die Dampfvertheilung erfolgt durch einen gewöhnlichen Schieber, welcher nach Art der Wassersäulenmaschinen so gesteuert wird, daß gegen das Ende der Bewegung des Gestänges in einer Richtung stets die entgegengesetzte Bewegung bereits eingeleitet, von der Rückwärtsbewegung aber erst vollendet wird. Als Pumpe ist ein Drucksatz angewendet, welcher an denselben Langbäumen (d. h. natürlich deren Verlängerung) befestigt und mit blechernen Saug- und Steigrohren versehen ist. Bei der dargestellten Dampfkunst hat der Dampfkolben 15″ Durchm. und 4½′ Hub, der Drucksatz aber 8¾″ Durchmesser und 150′ Steighöhe. Bei 16 Hüben pro Minute werden ca. 30 Cubf. Wasser gehoben und dieser ungefähr 150 Ctr. schwere Apparat kam nebst Transport und Aufstellung auf 2200 Thlr. zu stehen.

Knop, liegendes Blockgatter. — Diese Construction unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von sonstigen Blockgattern, daß die Lenkerstange nicht am Ende, sondern in der Mitte des Rahmens angreift, um eine gleichmäßigere Abnutzung der Rahmenführungen und eine leichtere Beweglichkeit zu erzielen, sowie um Raum zu sparen. Gleichzeitig wird dadurch erreicht, daß die Lenkerstange in einer verticalen Ebene schwingt, wenn auch der Rahmen im horizontalen Bogen geführt bleibt. Zum Vorschub des Blockwagens dient eine Frictionsscheibenübertragung, zum Rücklauf ein einfaches Vorgelege und die betreffenden Veränderungen des Ganges werden durch einen einzigen Ausrückhebel bewirkt. Bei gehöriger Leitung giebt ein solches Blockgatter mit 15″ starken Kienholzstämmen in der Minute 40″ Schnittlänge.

Kayser's Wasserkrahn für Eisenbahnen — zeichnet sich durch eine bewegliche Krahnsäule und dadurch aus, daß das Absperrventil sich unmittelbar am untern Ende der Krahnsäule befindet. Das Wasser tritt also mit Vermeidung aller Kniee aus der Röhrentour in die Krahnsäule und hebt durch seinen Aufdruck einen großen Theil des Gewichtes derselben auf, sodaß sie sich leicht dreht; die Dichtung befindet sich in dem gegen die Winterkälte geschützten Fundamente und die Krahnsäule entleert sich nach jedesmaligem Gebrauche von selbst, sodaß kein Einfrieren stattfinden kann; die Ventile und Dichtungen sind leicht nachzusehen und zu repariren.

Heizversuche mit hannoverschen und westphälischen Steinkohlen. — Aus den von Dr. Sauerwein nach dem Muster der Hartig'schen Versuche über sächsische Steinkohlen abgeführten Versuchen ergab sich zwischen der nutzbaren und theoretischen Verdampfung im Durchschnitt das Verhältniß 562 : 1000. Die nutzbare Verdampfung pro Pfund Kohle betrug 4,99 bis 6,68 Pfund Wasser, durchschnittlich aber 5,912 Pfd.

Ueber das Verwittern der Steinkohle — hat Herr Grundmann nach der Zeitsch. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen in dem preußischen Staate, Bd. 9 u. 10, beobachtet, daß das specifische Gewicht sich nicht ändert, der Gehalt an hygroskopischem Wasser aber etwas zunimmt, sowie daß bei Kleinkohle der Aschengehalt wächst, und nach 9monatlicher Verwitterung 58 % Gewichtsverlust eintreten, Stückkohlen aber weniger verwittern.

Ueber verzinktes Eisenblech und dessen Verwendung. — Dieses Material hat vor dem Schwarzblech den Vorzug des Nichtrostens, vor dem Zinkblech den der größeren Festigkeit, geringeren Ausdehnung und Unverbrennbarkeit, vor dem Weißblech den der größeren Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse, und ist namentlich als canelirtes oder gewelltes Blech zu Eisenbahnwägen, Dampfschornsteinen, Scheide- und Umfassungswänden in Magazinen, Logen u. dergl., zu feuersichern Zimmerdecken, zu hohlen Säulen für Fachwerkswände, hauptsächlich aber zu Bogendächern sehr zu empfehlen. Eine große Fabrik dieses Artikels findet sich zu Gumpoldskirchen bei Wien (J. & G. Winiwarter).

**Zeitschrift für Bauwesen.** Jahrg. XIII. 1863, Heft 7—12.

Busse, das Landgerichtsgebäude zu Bonn. — In diesem Aufsatze sind namentlich interessant für Ingenieurs die eisernen Decken über den Archivräumen und Treppen, welche aus Blechträgern und gewalzten Balken mit dazwischengespannten Kappen aus porösen Bendorfer Steinen construirt sind, auch Oberlichter umfassen.

v. Gimnig, die Eisenbahnbrücke über den Niemen bei Kowno. — Genannte Brücke, in der Eisenbahnlinie Eydtkuhnen-Kowno-Wilna-Dünaburg ist 1068′ lang und überschneidet den Niemen unter einem Winkel von 68° 41′ mittelst 6 Oeffnungen, wovon die beiden äußersten 35′ weit sind und zu Wegeunterführungen dienen, während die äußeren Fluthöffnungen 214½ und die mittleren 240′ Lichtweite besitzen. Der 26½′ breite Oberbau besteht aus Blechträgern, welche auf 2 massiven Widerlagspfeilern und 5 Paaren mittelst comprimirter Luft versenkter gußeiserner Cylinder von 11′ 2″, resp. 10′ 1″ Durchmesser in 35½′ Höhe über dem mittleren Wasserstande ruhen. Vor den Röhrenpfeilern befinden sich eiserne Eisbrecher, welche ebenfalls auf Röhren ruhen. Das Verfahren der Röhrenversenkung wich in der Hauptsache nicht von dem beim Szegediner Brückenbau befolgten (Civilingenieur, 7. Band, S. 135) ab, jedoch war der Apparat dahin abgeändert, daß nicht die Luft des ganzen Röhrenraumes comprimirt zu werden brauchte, sondern blos in dem am unteren Ende der Röhre angebrachten, oben durch eine eiserne Decke hermetisch abgeschlossenen und durch zwei Schornsteine mit der Luftschleuße communicirenden Arbeitsraume. Der übrige Theil der Röhrensäule wurde voll Wasser gepumpt und trug somit zur Belastung bei. Nach Beendigung der Versenkung wurde der Arbeitsraum mit Beton ausgefüllt, seine Decke sammt Schornsteinen abget[illegible] und der

Röhrenpfeiler weiter ausgefüllt. Der Oberbau (21' hohe Blechwände, welche in Abständen von 2'7" durch Querträger und Kopfstreben abgesteift sind) wurde über die äußeren Fluthöffnungen stückweise mittelst fester Gerüste und Krahne gehoben, für die mittleren Oeffnungen aber im Ganzen auf Pontons mit hohen Rüstungen angeflößt und dann durch bloses Senken der Pontons an Ort und Stelle gebracht. Das zur ganzen Brücke verwendete Eisengewicht beträgt 248600 Pud. Unsere Quelle giebt ziemlich ausführliche Zeichnungen der Brücke, sammt Rüstungen, Hebezeugen u. s. w.

Ueber optische Signale auf englischen Eisenbahnen und deren Anwendung in Preußen. — Da man in England wenig Wegeübergänge zuläßt und das bei uns übliche Institut der Bahnwärter nicht kennt, so sind optische Signale nur bei den Bahnhöfen, resp. Abzweigungen oder Durchkreuzungen und an sonstigen gefährlichen Punkten gebräuchlich und werden da durch Drahtzüge aus besonderen Signalbuden bedient, in welchen sich ein elektrischer Telegraph befindet. Tag- und Nachtsignale werden durch dieselben Stellvorrichtungen gegeben. Als Tagsignale benutzt man hauptsächlich Flügeltelegraphen, bei denen die horizontale Armstellung „Halt" die geneigte freie Einfahrt bedeutet und der vom Zuge aus gesehene rechts stehende Arm sich auf das rechte Geleis bezieht u. s. w. Bei den der Regel nach auf Halt stehenden Nachtsignalen mit Laternen bedeutet rothes Licht „Halt", grünes „langsame Fahrt", weißes „freie Fahrt". Um gegen Verwechselungen bei der Stellung der Weichen (welche ebenfalls von den Signalbuden aus geschieht) zu schützen, sind in den Buden verschiebbare horizontale Platten angebracht, welche mit den Weichen verschoben werden und mit den Signalhebeln so verbunden sind, daß das Einfahrtsignal nicht gegeben werden kann, wenn die Weiche nicht richtig gestellt ist. Statt der hölzernen Signalmaste wendet man auch gitterartig durchbrochene aus Schmiedeeisen an. Zur Spannung der Drahtzüge dienen Gewichte, welche an den Stellhebeln herabfallen. Aehnliche Signaleinrichtungen, welche in unserer Quelle specieller angegeben sind, hat man auch auf der Vorpommerschen Eisenbahn (Stettin-Stralsund) getroffen.

Oberbau und Geleisverbindungen der englischen Eisenbahnen. — Der Oberbau wird überwiegend noch mit Stuhlschienen ausgeführt, welche jedoch in den Stößen verlascht, auf den Brücken sogar oft zusammengeschweißt sind und bis zu 27' lang genommen werden. Die 5" hohen Schienen haben 2⅝" breite, scharf in den Steg übergehende Köpfe und Füße, wiegen 25 bis 30 Pfd. pro lauf. Fuß und sind in den Stühlen oft blos eingeklemmt (ohne Keile), weshalb Ramsbottom auch gewalzte Schienenstühle anwendet. Zur Befestigung der Stühle dienen gepreßte hölzerne, auch hohle eiserne Nägel. Die Schwellen sind meist kreosotirt, liegen auf der breiten Seite auf und sind bis zur Schienenhöhe mit Kies überfüllt. Die auf den Güterbahnhöfen noch häufig angewendeten Drehscheiben sind aus den durchgehenden Gleisen fast gänzlich entfernt, auch wendet man jetzt häufiger Schiebebühnen an, welche oft durch die Zwischenperrons hindurchgehen. Bei Wegübergängen sind zu beiden Seiten Drehbäume, welche aber gleichzeitig von der einen Seite der Bahn ausgestellt werden können und mit Haltescheiben und Laternen versehen sind. Die Weichen sind sämmtlich selbstthätig, so daß sie nur umgestellt zu werden brauchen, wenn ein gegen die Spitze anfahrender Zug in ein Nebengeleis einlaufen soll. Um das Uebersetzen von Zügen auf Nebengeleise zu erleichtern, wendet man Geleisdurchkreuzungen mit Winkeln an, deren Tangente zwischen 1 : 7 und 1 : 14 variirt, bei denen also gegenüber den Kreuzungsspitzen keine Zwangsschiene angebracht werden kann.

Die Betriebsmittel der englischen Eisenbahnen — haben zwar größere Neuerungen nicht erfahren, doch nimmt man fast allgemein bei Locomotiven mit einer Triebaxe Outside-Cylinder und 7 bis 8' hohe Räder, bei den Güterzugmaschinen zieht man aber Inside-Cylinder mit drei gekuppelten Gußstahl-Axen und 5' hohen Rädern vor. Auf Zweigbahnen finden Tendermaschinen Verwendung, welche für die Rückfahrt nicht gedreht werden. Die Dampfspannung nimmt man nicht unter 120, aber bis 140 Pfd., verwendet jedoch auch mehr Sorgfalt auf die Construction der Kessel. Die Feuerkiste wird, namentlich für Kohlenkleinfeuerung, möglichst groß, der Langkessel und die Siederohre aber nicht über 10' lang genommen; auch wendet man seltener eiserne Feuerkisten an. Zur Rauchverbrennung wird meist blos durch die Feuerthür Luft zugeführt und vor derselben ein Schirm, unter den Feuerrohren aber ein Chamottebogen angewendet; die Feuerthür ist oft eine zweitheilige Schiebethür. Zur Speisung der Maschinen benutzt man vielfach den Giffard'schen Injector; der Ramsbottom'sche Speiseapparat (Civilingenieur, Band 9, S. 161) dürfte nur bei dem englischen Klima brauchbar sein. Auf Condensationsapparate legt man wenig Werth. Die Dampfpfeifen sind oft in doppelten Exemplaren vorhanden, wovon die eine, tiefer tönende, für den Bremser bestimmt ist; hier wie bei den Dampf- und Wasserverschlüssen werden statt der sonst üblichen Conuse einfache Ventilverschlüsse angewendet. Zur Dampfvertheilung dient in der Regel Coulissensteuerung mit einfachem Schieber. — Die offenen Wagen haben meist keine elastische Zug- und Stoßvorrichtung und sind blos mit Ketten gekuppelt, werden meist von oben beund entladen und besitzen mitunter fächerartige Verdecke; sie fassen 8 bis 10 Tons und wiegen halb soviel. Die Personenwagen sind nicht elegant, aber oft mit Ventilationsschiebern in der Mitte der Decke und mit Signalzügen zur Verständigung während der Fahrt, sowie mit Gasbeleuchtung versehen. Zur Aufnahme des Gepäckes sind die Personenwagen der Nebenbahnen mit Galerieen und Lederdecken auf dem Verdeck gebaut. Für Personenwagen zieht man hölzerne Blockräder vor; die Radreifen werden beim Einlaufen des Zuges in die Station durch Beklopfen untersucht. Die Bremsen sind oft nur einseitig wirkende, aber so eingerichtet, daß durch das Anziehen die Tragfedern nicht suspendirt werden. Die Coupés für das Zugpersonal haben rundum verglaste Aufbaue und reichen über die ganze Breite der Wagen. Zum Schmieren dient meist Pflanzenöl und amerikanisches Schweineschmalz.

Ansichten über die Construction von Güterzuglocomotiven in England. — Für Maschinen mit einer Treibaxe ist jetzt die Meinung mehr für Outside-Cylinder, bei solchen mit zwei gekuppelten Axen stellt man Inside- und Outside-Cylinder gleich, dagegen genießen die innenliegenden Cylinder den Vorzug bei Maschinen mit drei gekuppelten Axen, weil bei Outside-Cylindern eine gute Vertheilung der Last auf die drei Axen unmöglich ist, der Druck auf die Axlager erheblich größer ausfällt und die Rädergegengewichte wegen der größeren Entfernung von den Ebenen des Trieb-

werkes nur eine ungenügende Balancirung bewirken. Nach Ansicht der englischen Ingenieurs sind die Nachtheile öfterer Krummaxenbrüche immer noch geringer, als die angeführten Mängel, doch dürfte für Maschinen mit zwei gekuppelten Axen das Outsidesystem den Vorzug verdienen, wobei die Cylinder stets ganz horizontal zu legen sind. Bezüglich der Lage der Axen giebt man in England bei Outside-Maschinen derjenigen, wo die Vorder- und die Treibaxe unter dem Langkessel, die gekuppelte Axe hinter dem Feuerkasten liegt, den Vorzug, weil die Cylinder so den Rädern und Gestellrahmen möglichst nahe- und die Ebenen der balancirenden Massen eng aneinanderrücken und der Axdruck möglichst klein ausfällt. Die Feder- und Ausgleichungshebel der gekuppelten Axen müssen dann unter deren Lager gelegt und die Räder mindestens 4' 9" hoch genommen werden. Den Radstand läßt man bei Outside-Maschinen bis auf 13' hinab- und bis auf 16' 8" hinausgehen und legt wenig Werth auf die Maschinen mit Drehschemeln u. dergl. Wegen des enormen Schienenverbrauches sucht man den Räderdruck auf höchstens 230 Ztr. zu vermindern und besseres Material zu den Schienen zu verwenden. Wegen besserer Balancirung des Triebwerkes legt man jetzt auf niedrige Lage des Schwerpunktes weniger Werth; die Mitte des Cylinderkessels lag bei den ausgestellten Expreßmaschinen $6^2/_3$ bis $7^1/_2$' hoch, bei den gekuppelten Maschinen 6 bis 6' 10" hoch. — Eine unserer Quelle beigegebene Tabelle enthält die Hauptbestimmungsmaaße verschiedener neueren Güterzugmaschinen von englischen, deutschen und französischen Constructeurs.

Mentz, über das Tränken der Eisenbahnschwellen mit Kreosotölen. — Dasselbe geschieht in England ganz in der Weise, wie das Tränken mit Chlorzink, nämlich durch Aussaugen von Luft und Wasser mittelst eines $1^1/_2$ Stunden unterhaltenen Vacuums von 24 bis 26" und Einpressen des Oeles unter 10 Atmosphären Druck. Die Hölzer müssen gesund und außer der Saftzeit gefällt sein; eichene Hölzer von 4 Cubf. Inhalt nehmen ca. 18, kieferne 36 bis 40, geflößte kieferne Schwellen 130 bis 150 Pfund (ziemlich 2 Cubf.) Kreosotöl auf. Zum vorausgehenden Trocknen der Hölzer empfehlen sich Oefen, worin die Schwellen mindestens 12 Stunden lang bei 70 bis 80° R. zu erhalten sind. Die besten Oele zum Tränken sind dünnflüssige Oele aus Braunkohlentheer erzeugt mit 38 bis 73% Kreosot, oder aus vorzüglichem Gastheer mit 15 bis 20% Kreosot, doch sind auch die dickflüssigeren Oele aus geringerem Gastheer anwendbar.

Aßmann, Belastungsversuch an einer flachen Ziegeldecke. — Die aus Birkenwerder Klinkern und pommerschem Cement (im Verhältniß von 1 : $2^1/_2$ bis 3 gemischt) in gutem Verband hergestellte, 8" starke flache Decke, welche einen Raum von 18' Länge und 15' Breite überspannte und $2^1/_2$" tief in die $1^1/_2$ und 1 Stein starken Umfassungswände eingelassen war, brach bei einer Belastung von ziemlich 1 Ctr. pro □Fuß, nachdem sich bereits bei $^3/_4$ Ctr. Belastung ein feiner Riß über einer Thür in einer der Längenwände gezeigt hatte. Die Kosten solcher Decken betragen 10 Sgr. pro □Fuß; ihre Solidität dürfte aber sehr von der Ausführung abhängig sein.

Malberg, über den Oberbau der Eisenbahnen. Als Ideal für einen guten Oberbau dürfte ein unwandelbar fundirtes, gerades, horizontales und ununterbrochenes Gestänge anzusehen sein. Um sich diesem zu nähern, müsse man ein mindestens 9" starkes Kiesbett bei gutem Untergrund und guter Entwässerung herstellen, die Schienen in Abständen von 3' auf 10" breite, 8 bis 9' lange, gut ausgetrocknete eichene Querschwellen legen und Schienen von 20 bis 25 Pfd. Gewicht pro laufenden Fuß anwenden.

Göbbels, Messung der Spannung der Theile von Eisenconstructionen nach ihrem Tone. — Solche Constructionstheile, welche in der fertigen Construction nicht frei schwingen können oder beim Anschlagen keinen deutlichen Ton geben, sollen mit Drähten von $^1/_{100}$ □" Querschnitt, welche an besondern Bändern am obern und untern Ende befestigt sind, versehen und dann wie die anderen, bei denen dies nicht nöthig ist, mit der Maximallast (z. B. 10000 Pfd. pro □") belastet werden. Dann giebt man den dünnen Drähten die Spannung von 10000 Pfd. bei Zug und von 1000 Pfd. bei Druck, nimmt hierauf die Last weg und notirt nach der Stimmgabel die Töne, welche der Constructionstheil selbst oder die damit verbundenen Drähte beim Anschlagen geben. Wird hierauf die Construction zusammengesetzt und belastet, so ist nach den Tönen beim Anschlagen zu erkennen, wie stark jeder Theil in Anspruch genommen ist. Die entstehenden Töne sind die auf dem Clavier vorkommenden und unabhängig vom Querschnitt und der Länge der Stäbe oder Drähte; bei 15000 bis 10000 Pfd. Anspannung lassen sich noch Differenzen von 1250, bei 5000 bis 1000 Pfd. Spannung solche von 286 Pfd. pro □" Querschnitt erkennen.

Benoit, über das Verfahren des Absteckens von Brückenpfeilern. — Um die Entfernung der Pfeiler zu finden, wendete man bei der Dirschauer Brücke neben der trigonometrischen Messung noch das Verfahren an, daß an der Stelle der Uferpfeiler ein Paar Pfosten errichtet, an der Spitze des einen ein $^1/_8$" starker Draht befestigt und dieser über eine auf dem zweiten Pfosten liegende Rolle gezogen und durch ein Gewicht angespannt wurde. Nachdem nun dieser Draht auf dem höchsten Punkte der Rolle markirt war, nahm man ihn ab und legte ihn am Ufer unter gleicher Spannung auf ein Paar Pfosten, deren Abstand hiernach dem gesuchten Pfeilerabstande gleich sein mußte. Die Lage der beiden Flußpfeiler steckte man durch directe Messung auf dem Eise ab und fixirte sie auf jedem Ufer durch ein Paar in einer Visirlinie liegende Punkte; die Durchschnitte der Visirlinien ließen jederzeit den Mittelpunkt der Pfeiler wiederfinden. Bei der Cölner Rheinbrücke konnte blos die trigonometrische Methode angewendet werden und es wurde deshalb auf dem rechten Ufer eine gebrochene Standlinie abgesteckt, welche die Richtungslinie der Brücke durchschnitt, der Ort der Pfeiler aber dann durch die Winkel bestimmt, welche die aus den Endpunkten der Standlinie gezogenen Visirlinien nach dem Pfeiler mit der Standlinie einschlossen. Im Flusse wurden an der Stelle der Pfeiler auf eingerammten Pfählen Bühnen von 12' Seite hergestellt, auf welchen dann die genauen Punkte nach den Visirlinien bestimmt wurden.

Malberg, über Locomotivröhren aus Muntzmetall. — Solche Röhren hatten sich in 2 Jahren bis zu Papierstärke abgenutzt, aber nie Kesselstein gezeigt.

Malberg, über Heizung der Personenwagen. — Die Heizung mit heißem Wasser hat sich nicht bewährt, wogegen diejenige mit heißem Sand in Kästen, welche von außen unter die Sitzbänke geschoben werden, zweckmäßig erscheint.

Althans, über die Calow'sche Fangvorrichtung bei Fördergestellen. — Auf der Londoner Ausstellung war ein Modell dieser Vorrichtung zu sehen, welche alle Beachtung verdient. Bei derselben wird das Eingreifen der die Leitbäume zangenartig umfassenden Greifarme durch ein über dem Gestelle schwebendes glockenförmiges Gewicht bewirkt, sobald dieses von einer darunter befindlichen schraubenförmigen Feder gehoben wird, z. B. beim Reißen des Seiles, überhaupt bei jeder ungewöhnlichen Beschleunigung des Gestelles.

Englische Eisenbahneinrichtungen. — Besonders auffallend sind die Bahnkreuzungen, bei denen verlangt wird, daß sie nicht in einem Niveau geschehen dürfen, und besonders wenn zugleich Verbindungsgleise von einer Bahn auf die andere nöthig sind, und wenn außerdem noch Straßen berührt werden, welche ebenfalls nicht im Niveau überschritten werden dürfen. — Die Bauausführungen werden unter Zugrundelegung von scharfsinnig und sachgemäß abgefaßten Bedingnißheften an Unternehmer übertragen und die Materialien einer strengen Prüfung unterworfen, ehe sie angenommen werden. — Die Bahnhöfe sind vollständig abgeschlossen und meist in von einander unabhängige Personen- und Güterstationen getrennt. Bei ersteren sind oft auch die Plätze zur Aufstellung der Cabs und Omnibusse bedeckt. Zur Vermeidung von Verwechselungen sind neben der Uhr auf dem Perron die Abfahrtszeiten der Züge und Zurechtweisungstafeln angebracht. Die größern Bahnhöfe sind Kopfstationen, die Zwischenstationen aber, auf denen der Zug das betreffende Fahrgeleise in der Regel nicht verläßt, theilweise mit doppelten Warteräumen und Billetexpeditionen versehen. Für den riesigen Verkehr, z. B. nach dem Krystallpalaste, sind an den Ecken der Expeditionslokale 6 bis 8 Schalter angebracht, die Billete werden vorher abgezählt und gestempelt, alle Personen ohne Billete werden zurückgewiesen; die ankommenden Reisenden erhalten sofort ihr Gepäck und können den Perron verlassen, ohne mit den Abreisenden in Conflict zu kommen; man sucht alles Gepäck in den Coupés unterzubringen oder packt es auf das Verdeck der Wagen, zur Unterstützung des Reisenden sind zahlreiche geschickte Porters vorhanden und das Gepäck wird bei der Ausgabe auf langen Tischen nach dem Anfangsbuchstaben der Aufgebestation arrangirt; zur Aufbewahrung des Gepäckes kann man sich gegen eine geringe Gebühr eines besonderen Büreaus bedienen. Die Aborte sind bequem angebracht und augenfällig bezeichnet, für die Frauen aber meist neben den Wartezimmern angebracht. Unsere Quelle giebt die Zeichnungen mehrerer Bahnhöfe. Die größeren Güterbahnhöfe haben große bedeckte Hallen mit Oberlicht, in welche ganze Züge und selbst die Fuhrwerke zum Verladen einfahren, und in welchen zwischen den Gleisen erhöhte Ladeperrons mit vielen vortrefflichen Krahnen angebracht sind. Die Waaren werden auch durch Brücken aus einem Wagen in den auf dem Nebengleise stehenden Wagen oder den Ladeperron geschafft, auch giebt es solche Verbindungsbrücken für die Perrons und Versenkungen in den Perrons, welche nach den Kellerräumen führen. Zum Rangiren und Heben von Eisenbahnfahrzeugen werden vielfach hydraulische Winden und Krahne verwendet. — Großartig und zweckmäßig sind die Verladevorrichtungen für Kohlen in Seeschiffe. Bei Fluß- und Canalschiffen werden die Eisenbahnwagen mittelst einer um eine horizontale Axe kippenden Bühne entleert, anderwärts transportirt man die Kohlen in 2 Tons haltenden Kästen (2 bis 3 in einem offnen Lowry von $4^1/_2$ Tons Gewicht), welche dann nach den Luken der Seeschiffe hinabgelassen und durch Bodenklappen entleert werden (50 Tons pro Stunde), oder die Eisenbahngleise liegen hoch über dem Schiffsdeck und die Kohlen werden mittelst Trichtern oder mittelst Bremsbergen in die Schiffe gelassen. Die Geleise werden mit Fall nach dem Abladeplatze hin gelegt und die leeren Wagen laufen wieder von selbst nach tiefer liegenden Gleisen, von wo sie in ganzen Zügen durch Locomotiven nach dem Niveau des Bahnhofs abgeholt werden. Im Hafen zu Sunderland werden mit 29 Kippvorrichtungen, zu deren Bedienung je 2 Mann erforderlich sind, täglich 7000 Tons Kohlen (1000 Wagenladungen) auf Seeschiffe verladen.

Lange, über Straßenlocomotiven. — Die in London ausgestellten Straßenlocomotiven waren nur zum Transport von schweren Lasten bestimmt, übertrugen die Arbeit des Kolbens durch Zahnradvorgelege an die Treibräder und besaßen sehr breite und hohe Treibräder. Bray's Maschine wiegt leer 13, mit Wasser und Cokes $15^1/_2$ Tons, kann 60 Pfkr. leisten, verbraucht im Durchschnitt bei 3 bis 5 Meilen Geschwindigkeit 84 Pfd. Kohle pro Mile und zieht 600 Ctr. Ladung eine Steigung von 1 : 12 hinauf. Kolbendurchmesser = 9″, Hub = 15″, Treibraddurchmesser = 7′ 6″, Breite = 12″. Preis 1500 bis 1700 Pfd. Sterl., Preis der zugehörigen Wagen 100 Pfd. Sterl. Die täglichen Betriebskosten berechnen sich, wenn die Maschine 250 Tage in Gang ist und 4 Wagen à 8 Tons Ladung zieht, auf 33 Thlr.

Lange, die Drehbrücke bei Brest. — Dieselbe besteht aus zwei sich auf kreisrunden und 384′ weit auseinanderstehenden Pfeilern drehenden Gitterträgern von 24,22′ Höhe über den Pfeilern und 4,59′ Höhe in der Mitte der Oeffnung mit 24,32′ hohen und 98′ langen Gegengewichtsarmen. Das gesammte rollende Gewicht beträgt 5900 Ctr., der Durchmesser des Rollringes 29,6′, die Zahl der Rollen 50, ihr mittlerer Durchmesser 1,64′ und ihre Länge 1,968 Fuß. Gesammter Kostenaufwand 565000 Thlr.

Lange, Ueberdeckung des Königl. Baudocks zu Chatham. — Baudocks sind höher liegende Bassins als die Trockendocks, sodaß die Schiffe mittelst einer schiefen Ebene zu ihnen hinaufgezogen werden müssen, doch sind ihre Eingänge ebenfalls mit Docksthoren oder Caissons verschlossen. Dasjenige im Chathamer Dockyard ist 300′ lang und 150′ breit und durch gußeiserne Pfeiler in ein 82′ breites Mittelschiff und zwei 34′ breite Seitenschiffe getheilt. Die Pfeiler in den beiden äußeren Wänden sind Iförmig im Querschnitt, 1′ 9″ breit und 1″ stark mit 12″ breiten und $1^1/_4$″ starken Rippen und stehen 30′ weit auseinander, die Pfeiler der innern Wände aber haben eine 2′ 3″ breite und 1″ dicke Mittelrippe und zwei 12″ breite und $1^1/_2$″ starke Endrippen. Die äußeren Pfeiler sind oben durch ein Paar gußeiserne gitterförmige Träger verbunden, deren Zwischenraum mit verglasten Holzrahmen ausgesetzt ist. Das Mittelschiff ist mit einem schmiedeeisernen Hängewerk als Dachstuhl versehen, das Sparrwerk über den Seitenschiffen aber durch gußeiserne Streben auf gußeisernen durchbrochenen Querträgern und durch Zugstangen verstrebt. Die 6″ hohen Sparren bestehen aus zwei eisernen Uförmigen Rippen mit dazwischen genieteter Holzpackung, die 30′ langen Fetten aus Tförmigem Eisen von $4^1/_2$″ Höhe und 4″ Breite mit $^3/_8$ bis $^1/_2$″ Stärke, welche in Abständen von 10′ durch an den Sparren ange-

nietete Stühlchen getragen werden. Das Gewicht des Eisenwerkes betrug an Gußeisen 566, an Schmiedeeisen 156 Tons, und die Kosten, excl. Fundamente, Laufkrahne u. dergl. 16000 Pfd. Sterl.

Goldmann, über verschiedene Gründungen und ihre Tragfähigkeit. — Behufs der Gründung einer Caserne zu Wesel stellte der Herr Verf. Versuche darüber an, wie tief eine belastete Eisenplatte in gewachsenem Sand, in angeschüttetem Sand und auf Schutt und Sand einsank. Bei gewachsenem festgelagerten reinen Sande erfolgte bei 3081 Pfd. Druck pro □Fuß eine Senkung um $^1/_6$ Zoll, bei 4011 Pfd. Druck eine Senkung von $^1/_2$'', welche sich über Nacht bis auf 1'' vermehrte, aber dann bis zu ungefähr 4600 Pfd. sich gleich blieb. Auf angeschüttetem, jedoch seit ca. 200 Jahren lagernden und ziemlich reinem Sande drang die Eisenplatte unter 3081 Pfd. Belastung um $^1/_2$, unter 4351 Pfd. Belastung um 1 und bei 5181 Pfd. um $1^1/_2$ Zoll ein. Endlich auf einem künstlichen Grunde, welcher über abwechselnden Sand- und Schuttlagen dadurch hergestellt wurde, daß ziemlich scharfer Grubensand in Lagen von 4'' ausgebreitet, stark mit Wasser begossen und dann bis zu $^4/_5$ seines Volumens zusammengerammt wurde, entstand unter 3420 Pfd. Belastung pro Quadratfuß eine Senkung um $^1/_8$'', unter 3960 Pfd. eine Senkung um $^1/_4$ Zoll, also überhaupt eine geringere Senkung als bei den andern Arten von Grund. Die fragliche Caserne übt übrigens blos einen Druck von ca. 1500 Pfd. aus.

Lohse, über eine Heißwasserheizung nach Perkins'schem System. — Im Meysel'schen Theater in Hamburg befindet sich eine derartige Heißwasserheizung, welche im Winter 1862 das Innere des Theaters bei der äußern Temperatur von $-8°$ ohne Schwierigkeit bis auf $+8$ bis $10°$ zu erwärmen im Stande war. Der Raum beträgt 154000 Cubf. und wird erwärmt durch 1952' eiserne gezogene Röhren von $^5/_8$'' innerem und 1'' äußerem Durchmesser, welche beliebig auf- und ab- und in starken Curven geführt sind. Der Heizapparat wird von 180 Fuß solcher Röhren gebildet, welche in einem überwölbten Raume in zweimal 5 Reihen durch das Feuer geführt werden. Das Feuer darf nicht unterbrochen werden. Die am obersten Ende der Leitung befindlichen Expansionsgefäße haben 22' Länge. Kosten der Anlage 2000 Thlr.

Franz, über feste Hängebrücken. — Als Bedingungen für eine gründliche Lösung der Construction einer festen Hängebrücke sieht der Herr Verf. an, daß dieselbe erstens nicht mehr Material erfordern dürfe, als eine gewöhnliche Hängebrücke, weil man sonst ebenso billige andere Systeme besitze, und daß das Material zweitens nur auf Zug in Anspruch genommen sein dürfe. Hängt man jeden Lastpunkt der Bahn einzeln mittelst gerader oder durch Streben gegen Einbiegung versteifter Stäbe an den beiden Pfeilern auf, so wird man (abgesehen von den Dehnungen) ein festes System erhalten, welches auch nach einer allgemeinen Untersuchung nicht mehr Material bedürfen würde, als das gewöhnliche Hängebrückensystem; indessen sind bei dieser Untersuchung die nebensächlichen Verbindungstheile nicht berücksichtigt, was das Endresultat möglicherweise sehr ändern kann.

# Notizen.

Bouniceau, über die Ausdehnung des Mauerwerkes. — Sprünge, welche sich in einer bei der großen Wärme des Sommers vom J. 1859 errichteten, auf beiden Seiten freistehenden Mauer während einer Winterkälte von 12° bildeten, und welche mithin nicht eine Folge ungleichen Setzens sein konnten, sondern von der Ausdehnung des Mauerwerks abhängig sein mußten, veranlaßten Versuche über letzteren Gegenstand, welche in dem 2. Hefte des Jahrg. 1863 der Annales des ponts et chaussées ausführlich mitgetheilt sind, und über welche wir hier auszugsweise berichten wollen. Die Versuche wurden mit 1,69 bis 2,4 Met. langen, meistentheils 20 Centim. im Quadrat starken parallelepipedischen Mauerkörpern angestellt, welche in ein Wasserbad eingesenkt wurden und mit ihren Enden gläserne Hebel berührten, an deren Axe Fernröhre saßen. Wurde nun das Wasserbad erwärmt, so dehnten sich die Mauerpfeiler aus und verursachten eine Winkeldrehung der gut gegen die Einflüsse der strahlenden Wärme verwahrten Axen, welche man mittelst der Fernröhre an einem bei 100 Met. Entfernung aufgestellten Maaßstabe messen konnte. Die Versuche beziehen sich auf zehnerlei Materialien, nämlich: 1. Portland-Cement, passend angerührt und unter Wasser fest geworden, 2. Mörtel aus 1 Th. Portland-Cement und 2 Th. kiesigem Sand, wie er zu großen Wasserbauten angewendet wird, 3. Mauerung aus scharf gebrannten (grésées) Ziegeln von Havre oder Honfleur und dem nämlichen Mörtel, mit hochkantigen Steinen, 4. dasselbe Mauerwerk mit der Länge nach liegenden Steinen, 5. Beton aus demselben Mörtel und Kieselgeröll vom Meeresufer, 6. behauener Kalkstein von Ranville, 7. desgl. von der Maladrerie zu Caen, 8. Granitquadern von Diélette, 9. Marmor, 10. Gypsguß. Es ergeben sich nun nachstehende Coefficienten der Ausdehnung für 1° Wärme und 1 Met. Länge:

| | | |
|---|---|---|
| reiner Portlandcement | 0,0000107 | Met. |
| Mörtel aus Portlandcement | 0,0000118 | „ |
| Ziegelmauerwerk, Nr. 3 | 0,0000089 | „ |
| desgl. Nr. 4 | 0,0000046 | „ |
| Beton | 0,0000143 | „ |
| Kalkstein von Ranville | 0,0000075 | „ |
| desgl. von Caen | 0,0000089 | „ |
| Granitwerkstücken | 0,0000079 | „ |
| Marmor | 0,0000054 | „ |
| Gyps | 0,0000166 | „ |

Sind diese Coefficienten an sich auch nur sehr klein, so können die entsprechenden Dehnungen doch sehr merkliche, wo nicht nachtheilige Wirkungen bei großen Mauerkörpern erzeugen. Eine Einfassungsmauer von 1000 Meter Länge, welche in einem Blocke aus Beton hergestellt wäre, würde z. B. unter der Einwirkung eines Temperaturwechsels von $+20°$ auf $-10°$ sich in der Länge um 40 Centimeter ändern. Füllte man nach dem Zusammenziehen die entstehenden Sprünge mit einem festen Cemente aus, oder füllten sie sich selbst mit hineinfallenden Bröckchen aus, so würde diese Mauer, wenn sie zwischen unbewegliche Widerlagerpfeiler eingeschlossen wäre, einen Bauch von 14 bis 15 Metern annehmen.

Die Ausdehnung des Betonmauerwerkes ist viel größer,

als diejenige des Ziegelmauerwerkes, woraus zu folgern ist, daß bei Letzterem sich hauptsächlich der Mörtel ausdehnt, weniger die Ziegel.

Beobachtungen über die Bewegung des Wassers im Mississippi. — Professor Messedaglia giebt im Giornale dell' Ingegnere-Architetto ed Agronomo, Jahrg. XI, einen Bericht über das große, im J. 1861 erschienene Werk der amerikanischen Officiere Humphreys und Abbot über den Mississippi, woraus wir nachstehende Notiz entnehmen: Die Beobachtungen über die Geschwindigkeit des Wassers in verschiedenen Tiefen eines und desselben Perpendikels zeigten keine großen Differenzen; die Geschwindigkeit wächst von der Oberfläche bis zu einer gewissen sehr variabeln Tiefe und nimmt dann wieder ab; die Krümmung der Stromgeschwindigkeitsscala scheint mit dem Wasserstande zu variiren. Wurden die Beobachtungen so aufgetragen, daß die in 0,1, 0,2, 0,3 u. s. w. der Tiefe gefundenen Geschwindigkeiten unter sich verglichen werden konnten, so zeigte sich im Mittel aus 222 Beobachtungen, daß die Geschwindigkeitsscala eine parabolische Curve bildete, deren Axe (die größte Geschwindigkeit) ungefähr bei 0,3 unter der Oberfläche lag. Auch in horizontalem Sinne bildeten die Geschwindigkeitscurven Parabeln. Die Lage der Axe der verticalen Scala wird sehr durch die Richtung und Stärke des Windes beeinflußt, obwohl dieser die mittlere Geschwindigkeit nur unbedeutend afficirt.

Große Drehbrücke. — Die Firma Grissell auf dem Regent's-Canal-Eisenwerke hat die Ausführung einer sehr großen Drehbrücke für Eisenbahn- und gewöhnlichen Verkehr zu Kingston am Hull übernommen und soeben begonnen. Diese Brücke wird nahe bei der Citadelle und dem ausgedehnten Schiffs- und Maschinenbauetablissement von Samuelson über den Fluß Hull geschlagen und bekommt eine Hauptöffnung von 100′ und eine Nebenöffnung von 38′ Spannweite. Der Oberbau der Hauptöffnung wird rückwärts verlängert und soll durch kräftige Maschinerie zur Seite gedreht werden. Er wird getragen von einem Pfeiler am linken Stromufer und (im geschlossenen Zustande der Brücke) von zwei in das Strombette versenkten gußeisernen Cylindern. Die Brücke über die Nebenöffnung wird von denselben Cylindern und von einem Pfeiler auf dem westlichen Ufer getragen. Beide Widerlager werden auf Pfahlrost und Beton gegründet und in Ziegeln mit Werksteinverkleidung aufgeführt. Die Höhlung im östlichen Widerlager und die beiden Gußeisencylinder werden mit Beton gefüllt. Die Brückenbahn umfaßt eine gewöhnliche Straße, ein Schienengeleis und zwei Fußwege und wird 40 Fuß breit. Sie wird über der Hauptöffnung von zwei, auch rückwärts fortgesetzten schmiedeeisernen Hauptträgern, über der Nebenöffnung von zwei kleineren schmiedeeisernen Trägern getragen. Der Fahrweg und das Eisenbahngeleis liegt innerhalb der eisernen Hauptträger auf schmiedeeisernen Querträgern, welche auf beiden Seiten darüber hervorragen und die Fußwege tragen. Für die Schienen und den Fahrweg werden Langträger auf die Brücke gelegt und die Fußwege durch Geländer geschützt. Behufs des Oeffnens und Schließens werden die beiden Hauptträger an eine obere Drehscheibe befestigt, welche sich um einen Zapfen dreht und mittelst Rollen in einem beweglichen Ringe an den Enden von radialen Armen läuft; die radialen Arme selbst sind mit dem Zapfen verbunden und drehen sich um denselben, welcher seinerseits auf einer unteren Drehscheibe steht, auf und um welche herum die Rollen laufen. Letztere Scheibe ist an großen Blöcken des östlichen Widerlagers verankert. Die Lagerschalen, in welchen die massiven schmiedeeisernen Rollen laufen, sollen aus einer Composition von 84 Th. Kupfer, 13 Th. Zinn und 3 Th. Zink gefertigt werden. Diese Brücke wird den Namen: Südliche Hull-Brücke erhalten und in 18 Monaten vollendet sein. Sie wird auf Kosten einer Actiengesellschaft gebaut, jedoch giebt die Regierung einen Zuschuß, da sie von ihr großen Vortheil für die Garnison zieht.

(The Artizan, Nov. 1863.)

Hydraulischer Cement mit Oel. — Bei der Reparatur eines sehr beschädigten spanischen Schiffes zu Charlestown in Nordamerika fand man nach dem Journal of the Franklin Institute unter den Planken einen äußerst festen Kitt, der nach Angabe des Capitains folgendermaaßen hergestellt worden war. Man löscht gut gebrannten Kalk mit wenig Wasser ab, zerpocht ihn nach dem Erkalten, siebt ihn durch ein feines Drahtsieb und macht ihn endlich mit Fischthran an, bis er die Consistenz des Glaserkittes erhält. Dieser mit der Kelle aufzutragende Cement wird schon in 24 Stunden unter Wasser steinhart.

Nach Saint Cricq-Cazaux kann man den Mörtel, welcher zu Seebauten bestimmt ist, durch Zufügung von etwas trocknendem Oel gegen das Meerwasser undurchdringlich und zum Bewurf geeignet machen. Am Leuchtthurme von Holyhead versuchte man vergebens alle bekannten Mörtelarten, um sein Fundament gegen die Zerstörung zu schützen, bis man zufällig an einem von der Fäulniß stark angegangenen Stück Holz entdeckte, daß es an den Stellen, wo dasselbe mit einem Anstrich von Oelfirniß, feinem Sande und Bleiweiß bedeckt gewesen war, sich gesund erhalten habe. Seitdem hat man die Steine und Fugen des Fundamentes des genannten Leuchtthurmes, so weit man sie erreichen kann, mit einem solchen Anstriche doppelt übergangen und es zeigen sich nicht mehr Infiltrationen von Wasser in das Mauerwerk.

(Annales du Génie Civil, Déc. 1863.)

Neue Gebirgslocomotive. — Auf der Cromford- und High-Peak-Eisenbahn wurden unter Aufsicht specieller Commissare Versuche mit einer neuen Art von Gebirgslocomotive abgeführt, welche zum Betrieb einer interimistischen Eisenbahn über den Mont Cenis bestimmt ist. Die Versuchsbahn ist 800 Yards lang und zeigt Steigungen von 1 auf 12 und 1 auf 13 auf 330 Yards Länge mit Curven von $2^1/_2$ und $3^1/_2$ Chains Radius. Zwischen dem Gleis liegt eine dritte Schiene, gegen welche horizontale Frictionsräder drücken, welche durch zwei besondere, an der Locomotive angebrachte Dampfcylinder bewegt werden. Die Versuchsmaschine zog mit 7 bis 8 Miles Geschwindigkeit Züge von 24 bis 30 Tons Gewicht aufwärts und konnte durch die Bremse leicht und sicher aufgehalten werden. (Die Idee dieser Betriebsmethode ist nicht neu, dürfte aber im vorliegenden Falle von außerordentlichem Nutzen sein, da auf diesem Wege binnen 2 Jahren eine Verbindung zwischen Frankreich und Italien hergestellt werden könnte, während die Vollendung des Mont Cenistunnels im günstigsten Falle erst in $11^1/_2$ Jahren zu erwarten steht.) (The Pract. Mech. Jour. Apr. 1864.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

## № 5.

## Literatur.

Tafel der wirklichen Länge der Sinus und Cosinus für den Radius 1000000 und für alle Winkel des ersten Quadranten von 10 zu 10 Secunden für Markscheider, Geometer, Eisenbahningenieure, Mechaniker, Astronomen und Mathematiker, insbesondre für Diejenigen, welche bei trigonometrischen Berechnungen die Thomas'sche Rechenmaschine benutzen. Herausgegeben von Dr. August Junge, Professor der höheren Mathematik und Lehrer der praktischen Markscheidekunst an der Königlichen Bergakademie zu Freiberg. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1864.

Für die trigonometrischen Rechnungen der Markscheider, Geometer u. s. w. fehlte es zur Zeit noch an einer genügend ausführlichen Tafel der wirklichen Längen der Sinus und Cosinus, da die vorhandenen Tafeln nur von Minute zu Minute fortschritten. Um diesem Bedürfnisse abzuhelfen, wurde die vorliegende Tafel zunächst zur Benutzung der Studirenden an der Freiberger Bergakademie berechnet, und da sie sich durch mehrjährigen Gebrauch bei gleichzeitiger Verwendung der Thomas'schen Rechenmaschine (Civilingenieur, Bd. VIII, S. 181) sehr zweckmäßig erwies, so genehmigte das Kön. Sächs. Oberbergamt ihre Drucklegung, bei welcher von Seiten des Herausgebers bezüglich der Correctheit keine Mühe gescheut und von Seiten der Verlagshandlung bezüglich der Schönheit des Druckes und der Eleganz der Ausstattung Nichts zu wünschen übrig gelassen worden ist. Ueber die Zweckmäßigkeit einer solchen Tabelle ist es überflüssig, sich weiter zu verbreiten. Geometer, Eisenbahningenieure, Astronomen u. s. w., welche sich unaufhörlich mit mühsamen trigonometrischen Rechnungen zu beschäftigen haben, werden ihre hohe Nützlichkeit sofort erkennen, zumal wenn sie sich bei diesen Rechnungen der nicht genug zu empfehlenden Thomas'schen Rechenmaschine bedienen.

Mathematische Tabellen, Formeln und Constructionen zum Gebrauch für Techniker von H. Hertzer, Lehrer an der Königlichen Berg-Akademie, Hilfslehrer an der Königlichen Bau-Akademie und am Königlichen Gewerbe-Institut zu Berlin. Mit 10 lithographirten Figurentafeln. Berlin, 1864. Verlag von Rudolph Gärtner. (Amelang'sche Sortiments-Buchhandlung.) Leipziger Straße 133.

Obwohl die vielen technischen Hilfs- und Handbücher, deren sich unsere deutsche Literatur erfreut, einen großen Theil der hier gebotenen mathematischen Tabellen, Formeln und Constructionen ebenfalls enthalten, so verdient die vorliegende Sammlung doch ohne Zweifel besonders hervorgehoben zu werden, weil sie weit vollständiger, correcter, wissenschaftlicher und bequemer eingerichtet ist, als die ähnlichen Zusammenstellungen in den meisten Taschenbüchern für Ingenieure, welche zu genaueren Rechnungen großentheils nicht ausreichen. Von dem reichen Inhalte dieser gegen 33 Bogen starken Sammlung kann hier natürlich nur eine flüchtige Uebersicht gegeben werden. Die erste Abtheilung enthält fünfstellige Tabellen der gemeinen Logarithmen, der Kreis-Bogen-Umfänge und Inhalte (für Zehntel, Achtel und Sechzehntel), der Logarithmen und wirklichen Längen der goniometrischen Functionen, der Quadrat- und Cubikzahlen und Wurzeln, der höheren Potenzen der Factoren, der natürlichen Logarithmen u. s. w. und wir wüßten denselben keinen Wunsch beizufügen, als daß bezüglich der Anordnung die ähnlichen Gegenstände in unmittelbarerer Aufeinanderfolge hätten arrangirt werden können. Die zweite Abtheilung bietet Formeln über das Rechnen mit reellen und eindeutigen, sowie mit complexen und mehrdeutigen Ausdrücken, über Kettenbrüche, Facultäten und Binomialcoefficienten, Permutationen u. s. w., arithmetische und geometrische Progressionen, Interpolationen, endliche und unendliche Reihen, Gleichungen aller Art, aus der Differential- und Integralrechnung (größere Integraltabelle), aus der Goniometrie, über ebene und räumliche Gebilde, endlich Formeln aus der analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes. Die dritte Abtheilung enthält in guter Auswahl 57 mathematische Constructionen auf 10 Tafeln, deren Lösungen daneben im Texte zu finden sind. Ein Anhang bringt endlich die Grundzüge der Axonometrie, der Methode der kleinsten Quadrate und der Zins- und Rentenrechnung, sowie einige Gewichts- und Maaßtabellen. Uebrigens sind den Tabellen und Formeln weder Gebrauchsanweisungen, noch Beispiele, noch Quellennachweisungen beigegeben, was auch jedenfalls bei dem wissenschaftlichen Standpunkte, den dieses Werk voraussetzt, ganz gerechtfertigt ist.

Die Eisenbahnfahrzeuge. Ihr Bau und ihre Benutzung. Ein Handbuch für Techniker, Mechaniker und Eisenbahnbeamte von F. Stößel, Maschinenmeister. Mit 95 in den Text gedruckten Holzschnitten. Berlin. Verlag von Julius Springer. 1864.

Diese sauber ausgestattete, wenig umfängliche Schrift giebt auf ca. 6 Bogen und mit Hilfe von 44 Holzschnitten eine allgemeine Uebersicht über den Bau und die Erfordernisse

der Eisenbahnfahrzeuge und deren Behandlung, welche dem Praktiker die weitere Ausbildung für sein Fach und das tiefere Eindringen in den Gegenstand wesentlich erleichtern wird, übrigens auch dem Laien verständlich ist und namentlich auch den Militairs zu empfehlen sein dürfte, welche sich behufs der Einrichtung größerer Transporte mit diesem Gegenstande vertraut zu machen genöthigt sind. Für den Eisenbahntechniker dürfte mehrfach ein tieferes Eingehen in den Gegenstand wünschenswerth gewesen sein, wozu dann auch vollständigere Zeichnungen erforderlich sein dürften, während unsers Erachtens der vierte, fast die Hälfte des Buches füllende Abschnitt (verschiedene mathematische und technische Formeln und Tabellen) als überflüssig und nicht hierher gehörig hätte wegbleiben können. Trotz dieser Ausstellungen halten wir dieses Büchlein für sehr nützlich und erwarten von seiner weiteren Ausbildung ein sehr brauchbares Werk.

Illustrirtes Baulexikon. Praktisches Hilfs- und Nachschlagebuch im Gebiete des Hoch- und Flachbaues, Land- und Wasserbaues, Mühlen- und Bergbaues, der Mythologie, Ikonographie, Symbolik, Heraldik, Botanik und Mineralogie, soweit solche mit dem Bauwesen in Verbindung kommen. Herausgegeben von Oskar Mothes, Architekt. Zweite gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit über 1200 in den Text gedruckten Abbildungen. 8. bis 11. Heft. Leipzig, im Verlag von Otto Spamer. 1863.

In den vorliegenden 4 Heften dieses großen Lexikons, welches sowohl in Lieferungen à 6 bis 7 Bogen, als auch in vier Halbbänden zu beziehen ist, gelangt der Herr Verf. von dem Artikel „Blitzableitung" bis zu dem englischen Worte „Crook", während die Zahl der vortrefflich ausgeführten Holzschnitte bereits bis auf 766 gestiegen ist. Hiernach dürfte der im Prospectus vorgesehene Umfang nicht unbeträchtlich überschritten werden, was allerdings bei dem überreichen Inhalt dieses Lexicons nicht überraschen kann. Unter der großen Zahl der in diesen vier Heften enthaltenen Artikel sind diejenigen aus dem Gebiete des Hochbaues und der Aesthetik und Kunstgeschichte mit der meisten Liebe und am eingehendsten behandelt, wogegen mehrere Artikel aus dem Gebiete des Wasserbaues und diejenigen Constructionen, bei welchen hauptsächlich Eisen zur Verwendung kommt, etwas kurz abgethan werden. Was die Holzschnitte anlangt, so sind sie größtentheils eine Zierde des Buches, scheinen aber mitunter auch blos zu diesem Zwecke aufgenommen worden zu sein. Ebenso finden wir in diesen Lieferungen wieder sehr viele Artikel, die unsers Erachtens ohne allen Schaden weggelassen werden konnten.

## Referate aus technischen Zeitschriften.

**Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover.** Bd. IX. Jahrgang 1863. Heft 4.

Buresch, über die Tunnel der Buke-Kreyenser Eisenbahn. — Die beiden ca. 228 Met. langen Tunnel durch den Ippenser Berg nächst Kreyensen werden ohne Schächte von den Mundlöchern aus betrieben, was, da die Voreinschnitte eine größere Ausdehnung besitzen, des großen Zeitverlustes halber, nicht zu loben ist. Bei den beiden größeren Tunneln dieser Bahn, dem 914 Met. langen Naenser und dem 1644 Met. langen Altenbekener Tunnel, sind zwar Arbeitsschächte angelegt, dieselben haben aber im Wesentlichen nur zur Ausführung der Richtstölln gedient, bei welcher der nassen milden Gebirgsbeschaffenheit wegen (Keupermergel) mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden waren. Der Richtstolln des Naenser Tunnels wurde mit alten Eisenbahnschienen ausgezimmert, derjenige des Altenbekener Tunnels mit 10' Breite und 7' Höhe ohne alle Unterstützung in der Mitte getrieben, um Pferdeförderung anwenden zu können. Zum Ausfahren des Tunnelraumes wurde bis auf einen Theil des Naenser Tunnels das österreichische System angewendet, welches aber wegen der großen Druckhaftigkeit des Gebirges sehr kostspielig wurde. Beim Altenbekener Tunnel hat beispielsweise die Auswechselung der Zimmerung an einigen Stellen 265 Thlr. pro lauf. Meter gekostet. Dies führte den Ingenieur, Herrn Rziha, auf die Einführung des Eisens, indem er an Stelle der Thürstöcke gußeiserne, das Profil des lichten Raumes des fertigen Tunnels darstellende Tunnelrahmen und rings um diese noch einen Kranz von aus alten Eisenbahnschienen gefertigten, das Profil des ganzen auszuhauenden Raumes darstellenden Auswechselrahmen anwendete. Hinter Letzteren wird wie beim österreichischen System mit Pfählen abgetrieben, bis man einen neuen Tunnelrahmen setzen kann, und ist auf diese Weise ein so langer Raum aufgefahren, daß Maurer und Bergleute sich nicht hindern, so wird mit der Mauerung begonnen, für welche die Tunnelrahmen als Lehrbögen dienen, und behufs welcher blos die schmiedeeisernen Auswechselrahmen Stück für Stück abgenommen zu werden brauchen.

Bokelberg, über die Resultate der Prüfung der Straßenlocomotiven in Hamburg. — Von den ausgestellten 8 Straßenlocomotiven war eine mit der sogen. endlosen Eisenbahn von Boydell, drei nach Aveling's System, vier mehr zum Schnellfahren als zum Lastentransport eingerichtet. Die Lenksamkeit war sehr groß, besonders bei den Maschinen von Aveling & Porter, welche in einem Kreise von 32' Durchm. gelenkt wurden, auch ließ die Leistungsfähigkeit Nichts zu wünschen übrig, indem eine 8 Tons schwere Boydell'sche Maschine 386 Centner Last mit 2,78 Fuß, eine ebenso schwere Garrett'sche Maschine 236 Ctr. Last mit 3,46 Fuß, die 5,5 Tons schwere Schwarzkopff'sche Maschine 68 Ctr. Last mit 5,55 Fuß Geschwindigkeit auf einer 500 Fuß langen, 1 : 15 ansteigende Rampe mit sehr unebener Steinschlagbahn in die Höhe zog u. s. w. Dagegen ließ sich nach diesen Versuchen nur in einzelnen besondern Fällen ein ökonomischer Vortheil aus der Anwendung der Straßenlocomotiven erwarten, zumal dieselben die Steinbahn der Straßen sehr stark angreifen, auch scheinen sie vielen Reparaturen ausgesetzt und wegen des Scheuwerdens der Pferde und des Auswerfens von Funken für das Publicum nicht ungefährlich zu sein, sodaß die Verbesserung der Fahrbahn (Pferdetransport auf Straßen-Eisenbahnen) größere Vortheile verspricht, als die Anwendung von Straßenlocomotiven.

Früh, die Ueberwölbung der Allerbrücke bei Verden. — Dieselbe wurde aus denselben Gründen und in der Hauptsache auch in derselben Weise ausgeführt als bei

der Gerdaubrücke bei Uelzen und der Ilmenaubrücke bei Lüneburg (d. Bl. Jahrg. VIII, S. 9 u. 73). Bei der Allerbrücke wurden zur Gewinnung fester Widerlager die 7. und 16. Oeffnung der aus 23 Oeffnungen à 48 Fuß bestehenden Brücke ganz mit Mauerwerk ausgefüllt. Zum Ausrüsten waren 5 Lehrgerüste mit Stellschrauben, 8 dergl. mit Sandtöpfen, und eines mit Keilen angeschafft. Obwohl die Sandtöpfe in Folge eingetretenen Hochwassers ganz unter Wasser zu stehen kamen und der Sand beim Ausrüsten aus ihnen mühsam herausgekratzt werden mußte, so bewährte sich doch diese Methode sehr gut. Das Setzen der Lehrgerüste betrug bei denjenigen mit Stellschraube nach der Belastung mit $^1/_3$ des Gewichtes der fertigen Bögen $^3/_8$ Zoll und während des Mauerns bis zum Schluß der Bögen noch $^5/_8$ Zoll, zusammen 1 Zoll; bei der zweiten Aufstellung aber $^1/_4$ Zoll mehr, und bei den Lehrgerüsten mit Sandtöpfen noch $^1/_8$ Zoll mehr, also $1^3/_8$ Zoll. Bei der 3. und 4. Aufstellung legte man dünne Bleche in die dem Drucke am meisten ausgesetzten Holzfugen, wodurch auch ein stärkeres Zusammenpressen der Hölzer vollständig verhindert wurde. Die Senkung der Gewölbe nach dem Ausrüsten, welches ca. 14 Tage nach der Vollendung erfolgte, belief sich bei den während warmer und trockner Witterung ausgeführten Bögen auf 1″, bei den während veränderlicher Witterung ausgeführten auf $1^7/_8$″ und bei den während anhaltenden Regens gemauerten Bögen auf $3^1/_4$″, woraus hervorgeht, daß man die in Traßmörtel ausgeführten Gewölbe je nach der Witterung erst nach 14 bis 28 Tagen ausrüsten sollte. Uebrigens fand auch später noch ein Senken der Bögen um $^1/_8$ bis $1^1/_4$″ statt, wobei sich diejenigen Bögen auch später am stärksten setzten, welche sich gleich anfangs am meisten gesetzt hatten.

Schaaf, über das neue Bassin zu Antwerpen. — Beschreibung dieser einfachen, solid ausgeführten Hafenanlage nebst mehreren Tafeln.

de Neuf, Wellenkamp's Hängerüstung. — Zu Ersparung von Standrüstungen wurde beim Bau der Hildesheimer Domthürme eine Hängerüstung angewandt, welche für 2 bis 4 Personen Platz bietet und alle bei Ausführung von Quaderwerk u. dergl. außen zu bewirkenden Arbeiten vorzunehmen gestattet. Sie besteht aus 2 Böcken mit einer darüber gelegten Rüstbohle, jeder Bock aber aus einer 14′ 6″ langen Hängesäule, welche bei $^2/_7$ ihrer Länge von zwei 6′ 10″ langen Zangen rechtwinklig umfaßt wird, sodaß sie damit ein Kreuz bildet. Vom obern Ende der Hängesäule geht alsdann eine Strebe nach dem hinteren Arme des Kreuzes, sowie vom unteren Ende der Säule eine Strebe nach dem vorderen Arme des Kreuzes gespannt ist; zwischen Letztere und die Säule ist ungefähr in der Mitte der Säule ein Riegel eingebunden zur Aufnahme der 16″ breiten Rüstbohle, welche 20′ lang und nach Art der Laves'schen Balken durch Aussprengen in der Mitte verstärkt ist.

Samman, über gußstählerne Radreifen. — Nach der hier mitgetheilten Tabelle ist zu erwarten, daß bei den Güterzugmaschinen der oberschlesischen Breslau-Posener Eisenbahn die Bandagen von Gußstahl eine Dauer von ca. 55000, diejenigen der gekuppelten Schnellzugmaschinen eine Dauer von ca. 48000, diejenigen der ungekuppelten 50 bis 55000, diejenigen der Güter- und Personenwagen ca. 60000 Meilen Dauer haben werden, während bei den Güterzug- und Schnellzuglocomotiven Feinkornbandagen etwa 8000, Puddelstahlbandagen 9000 Meilen aushalten und Bandagen von Feinkorneisen unter den Güter- und Personenwagen etwa 15000 Meilen überdauern.

Baumeister, über den Tunnelbau am Mont Cenis. — Der Tunnel war zur Zeit des Besuches des Herrn Berichterstatters vor dem südlichen Ende auf ca. 1524, vor dem nördlichen auf ca. 1175 Met. Länge aufgefahren und bis ca. 100 Met. vor Ort durchaus vollendet und mit den definitiven Gleisen versehen. Die letzten 50 Met. beschränken sich blos auf den mit Maschinen betriebenen $2^1/_2$ bis 3 Met. hohen, $3^1/_2$ bis 4 Met. weiten Richtstolln, in welchem ein so empfindlicher Lärm und Luftzug herrscht, daß man bei den arbeitenden Apparaten alles Fragen, Notiren u. s. w. aufgeben muß. Die hier mitgetheilten und mit den im Civilingenieur, Bd. IX, S. 342 enthaltenen Beschreibungen stimmenden Notizen sind daher nicht den vor Ort arbeitenden Apparaten, sondern einem in der Reparaturwerkstätte aufgestellten Versuchsapparate entnommen. Die Bohrmaschinen machen durchschnittlich 200 Schläge à 3 bis 5 Cent. Hub in der Minute und verbrauchen dabei 0,2 Cub.-Met. comprimirte Luft; in 15 bis 25 Min. wird in Kalkschiefer ein 80 Cent. tiefes Loch geschlagen und jede der auf dem Maschinenwagen liegenden 8 bis 10 Maschinen wird so oft verstellt, daß sie 8 bis 10 Löcher schlägt, worüber ungefähr 6 bis 7 Stunden Zeit vergehen. Nach Vollendung dieser 80 bis 100 Löcher werden sie mit Hilfe des Wassers aus dem Reservoirwagen ausgewaschen und mittelst eingeblasener comprimirter Luft getrocknet, dann wird der Wagentrain um 30 bis 40 Met. zurückgeschoben und gegen den Arbeitsraum hin mittelst einer schweren Holzthüre geschützt. Nun besetzt man die Löcher wie gewöhnlich und entzündet sie mit Zündschnur, wobei das Gestein in Stücken von höchstens 20 Cent. Durchmesser zersprengt und ein ziemlich ebener Ortstoß hergestellt wird. Endlich beräumt man das Ort und schafft den Schutt über 100 Met. weit zurück bis in die vollendete Tunnelstrecke. Diese Arbeiten kosten 5 bis 6 Stunden, sodaß in 12 Stunden nur einmal gesprengt werden kann, und der Fortschritt in dieser Zeit beträgt (mit Rücksicht auf Verlängerung von Röhren, Eisenbahngleisen u. dergl.) nur 55 Cent. im Durchschnitt.

Lippold, Beiträge zur Theorie der Fachwerksbrücken. — Neue, beachtenswerthe Behandlung dieses Gegenstandes.

Notiz über den Suez-Canal. — Der vom Timsahsee abgezweigte 25′ breite und 5′ tiefe Süßwassercanal wird im vor. Sommer bis Suez fertig geworden sein. Der Einschnitt des Hauptcanales bei El Gisr ist stellenweis bis zu 75′ Tiefe vorgeschritten und mit 2füßiger Böschung hergestellt. Aus den gewonnenen Erdmassen werden in der gegen Nord davon gelegenen Ebene Seitendämme aufgeführt, um Verwehungen des Canales vorzubeugen, auch werden daselbst Hecken von Rohr und Strandholz angepflanzt. Im Mensalehsee wendet man zur Herstellung der Seitenwände den aus der Mitte des Canales ausgebaggerten Schlamm an, nachdem man ihn erst in Kästen lufttrocken gemacht hat. Für die demnächstige Stadt Port Said wird eine schmale Landzunge zwischen dem See und dem offenen Meere verbreitert und erhöht, auch ist dort bereits eine kleine Stadt von Werkstätten, Arbeiterwohnungen u. dergl. entstanden, welche aber zur Zeit noch per Boote mit Wasser aus dem Nil versehen werden muß.

**Lewis's Wasserdruckmaschine.** — In den Wasserwerken zu Wolverhampton soll eine dampfmaschinenähnlich gebaute Maschine arbeiten, welche durch comprimirte Luft bewegt wird, und für welche die Luft durch den Druck des aus den Wasserleitungsröhren zuströmenden Wassers in 2 über dem Cylinder angebrachten Luftbehältern comprimirt wird.

**Castor's Methode der Fundirung mit comprimirter Luft.** — Um eine einfachere Förderung zu erzielen, bringt Castor am obern Ende des aus Faßdauben bestehenden Förderrohres, welches in der Mitte der Decke der am Boden des Flusses stehenden Arbeitskammer endigt, einen ringsherumlaufenden ringförmigen Canal an, welcher durch zwei diametral gelegene Klappen mit dem Förderrohre und durch zwei andere Klappen mit der äußeren Luft in Verbindung steht, übrigens aber durch ein Paar verticale Wände in zwei halbrunde Kammern getheilt wird. Die geförderten Massen werden in die eine Kammer geschüttet, welche mit der inneren Rohrsäule in Verbindung steht, und wenn diese Kammer voll ist, so wird sie abgesperrt und dafür die andere Kammer mit der innern Rohrsäule verbunden. Hierauf kann erstere entleert werden, und da sie $4\frac{1}{2}$ Cub.-Met. Inhalt besitzt, während die Eimer blos 18 bis 20 Liter fassen, so wird auf diese Weise die Förderung gegenüber dem früheren Verfahren, wo jeder Eimer einzeln durchgeschleust werden mußte, außerordentlich erleichtert.

**Leuchtthürme im Rothen Meere.** — Diese von Parkes im Engineer vom 13. Nov. 1863 beschriebenen Leuchtthürme bestehen aus einem polygonalen schmiedeeisernen Thurmgerüste in mehreren Stockwerken, welche mit gußeisernen Platten und Concret überdeckt sind, und ruhen auf 18 runden Teakholzpfählen, welche in zwei concentrischen Ringen eingeschlagen sind.

**Einsturz einer Eisenbahnbrücke.** — Auf der Liverpool-Garston-Eisenbahn stürzte ein bei nassem Wetter ausgeführtes Brückengewölbe in Folge zeitigen Ausrüstens und der Erschütterung durch eine sehr nahe dabei vollzogene Sprengung ein.

**Straßeneisenbahnen in Nord-Amerika.** — Auf der Straßeneisenbahn von Jersey City nach Bergen Point läuft ein Dampfwagen, dessen Passagierraum 26' 9" lang, 7' 8" breit und mit Dampf geheizt ist, während sich am vordern Ende ein Maschinenraum für einen 27" weiten Röhrenkessel und zwei $5\frac{1}{2}$" weite umgekehrte Dampfcylinder mit 10" Hub befindet und der Wasserbehälter unter den Sitzen der Passagiere angebracht ist. Dieser Wagen, welcher keinen Rauch und kein Geräusch entwickelt, hat 13' Axstand, kann aber mittelst eines Wendeschemels Curven von 60' Radius durchlaufen, Steigungen von 1 : 26 bewältigen und auf horizontaler Bahn 16 Miles pro Stunde bei 8 Pfd. Kohlenverbrauch pro Meile zurücklegen. Eine andere, von Smith gebaute Locomotive mit einem 12 zolligen Cylinder und 15" Hub, bei welcher die Triebräder durch Frictionsräder und Kuppelstangen bewegt werden und der Frame den Wasserbehälter bildet, leistet 50 Pferdekräfte und zieht 5 besetzte Personenwagen mit 15 engl. Meilen Geschwindigkeit pro Stunde.

**Einführung des metrischen Maaßsystemes in England.** — Für Einführung des französischen Maaß- und Gewichtssystemes, sowie der Centesimaleintheilung des Thermometers sprach Sir William Armstrong in der letzten Versammlung der British Association for the advancement of Science und forderte die Mitglieder dieser Gesellschaft auf, sich für Annahme desselben zu verwenden.

**Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.** Jahrgang 1863. XVIII. Band, Heft 5—6.

**Daelen, eiserner Oberbau für Eisenbahnen.** — Beurtheilung der neueren Projecte in diesem Fache vom Standpunkte des Eisenhüttenmannes. Die Scheffler'sche Construction leidet an dem Mangel, daß sie auf der Herstellung genau gleichförmiger Kanten an den die Oberschiene tragenden Winkeleisen beruht, welche mit dem Walzprozeß kaum zu erzielen ist. Noch schwieriger ist das scharfkantige Auswalzen von einem rinnenförmigen Eisen, wie es Heusinger v. Waldegg projectirt hat. Auch ist die Auflagefläche der Oberschienen nicht genügend und die Befestigung durch quer durchgesteckte Bolzen nicht solid genug, sowie die schmale starkgewölbte Form der Schienenköpfe unvortheilhaft ist. Barlowschienen sind nicht blos wegen ihrer ungenügenden Stärke im Kopfe und mangelhaften Stoßverbindung zu verwerfen, sondern auch deshalb, weil es unmöglich ist, den Kopf aus besserem Material herzustellen, und weil eine zu große Menge Material ersetzt werden muß, wenn eine Schiene fehlerhaft geworden ist. Ein besseres Resultat läßt sich erwarten, wenn man eine  förmige Oberschiene und eine  förmige Unterschiene anwendet, wovon Erstere mittelst Bolzen und Keil auf Letzterer befestigt ist. Als Querschwellen könnten dann ebenfalls Holzschienen von  Form dienen. Bei dieser Construction würde der laufende Fuß Gleis 87,7 Pfd. wiegen und auf 3 Thlr. 23 Sgr. 6 Pf. zu stehen kommen.

**Runge, über die Beschaffung der Eisenbahn-Betriebsmaterialien von den Hüttenwerken.** — Der Herr Verf. ist der Ansicht, daß die Eisenbahnverwaltungen die öffentlichen Submissionen fallen lassen, den Hüttenwerken die Art der Fabrikation freistellen, aber die Garantiezeit verlängern und einen hüttenmännisch gebildeten Techniker mit der Controle der Fabrikation beauftragen sollten.

**Runge, Räder mit gehärteten Puddelstahlbandagen.** — Solche Bandagen bestehen auf der äußeren Fläche (ungefähr zu $\frac{1}{3}$) aus Puddelstahl, auf der inneren Fläche, welche gut damit zusammengeschweißt sein muß, aus sehnigem Eisen und versprechen daher bei geringem äußern Verschleiß auch großen Widerstand gegen das Zerspringen.

**Beyer, eiserner Oberbau.** — Es werden mehrere Vorschläge für die Construction eines eisernen Oberbaues bei Haupt- und Zweigbahnen gemacht, über welche sich jedoch in Ermangelung von Figuren hier Nichts referiren läßt, als daß sie auf dem Langschwellensystem (zwei gebogene Bleche, welche eine Oberschiene tragen und in Fußplatten ruhen) basirt sind.

**Redlich, Arbeits- und Fahrturnus im Eisenbahnbetriebe.** — Ausführliche Erörterungen und Vorschläge über diesen wichtigen Gegenstand.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

## № 6.

## Literatur.

The Exhibition Machinery of 1862: a cyclopaedia of the Machinery represented at the International Exhibition. By D. K. Clark, C. E., Member of the Institution of Civil Engineers; late Superintendent of the Western Annex, International Exhibition, 1862; Author of „Railway Machinery“; etc. Day & Son, lithographers to the Queen and to H. R. H. the Prince of Wales, Gate Street, Lincoln's Inn Fields, London. (Leipzig, bei L. Denicke.)

Dieser starke Quartband, nach englischer Manier sehr elegant gedruckt und ausgestattet, bietet gewiß für alle Besucher der letzten internationalen Ausstellung zu London eine höchst angenehme Erinnerung, überhaupt aber eine sehr werthvolle Sammlung von Beschreibungen, Abbildungen und Notizen über die wichtigsten der dort ausgestellten Maschinen. Der Verfasser führte bekanntlich die Oberaufsicht über den westlichen Annex des Ausstellungsgebäudes und hat also die beste Gelegenheit gehabt, die ausgestellten Maschinen gründlich zu studiren, hat seine Notizen aber überdies auch noch dadurch vervollständigt, daß er den englischen Ausstellern die betreffenden Bogen seines Werkes zur Durchsicht übergab. Bei der Anordnung des Stoffes wurde im Allgemeinen die von der Commission angenommene Classification befolgt, man darf also eine besonders logische Anordnung nicht erwarten; ebenso wird es nicht überraschen, daß die englischen Aussteller sehr bevorzugt sind — ebenso wenig wird aber auch die Schwierigkeit der Aufgabe und der Ernst, mit welchem der Verfasser sie zu lösen sucht, gering angeschlagen werden dürfen. Ein ausführlicher Index erleichtert das Aufsuchen und giebt dem Buche einen großen Werth als Nachschlagebuch. Die Holzschnitte (über 400) und die Tafeln (an 40) sind ziemlich gut ausgeführt und erleichtern natürlich das Verständniß sehr wesentlich. Vielfach ist der Werth der Beschreibungen durch geschichtliche Notizen erhöht und ebenso schließen fast jedes Capitel allgemeine kritische Bemerkungen, welche viel Lehrreiches enthalten. Hierdurch erhält dieses Werk auch einen allgemeinen Werth als Nachschlagebuch über die Leistungen des Maschinenbaues in der Gegenwart.

The Design and Construction of Harbours. By Thomas Stevenson, F. R. S. E., Member of the Institution of Civil Engineers, and Author of „Lighthouse Illumination,“ etc. Reprinted and enlarged from the article „Harbours“ in the eigth edition of the Encyclopaedia Britannica. Edinburgh: Adam and Charles Black. 1864. (Leipzig, bei L. Denicke.)

Wie in der Vorrede zu diesem wenig umfänglichen Buche bemerkt wird, ist es ein erweiterter und verbesserter Abdruck des Artikels „Häfen“ in der bekannten Encyclopädia Britannica, welcher mit noch mehreren andern neu bearbeiteten Artikeln dieses Werkes zu einem besondern Handbuch für Civilingenieur- und Bauwesen zusammengefaßt werden sollte, ein Unternehmen, welches in Folge des Todes des Prof. Hosking unterblieb und zur selbstständigen Herausgabe dieses Buches veranlaßte. Hieraus, sowie aus dem geringen Umfange desselben (ca. 12 Bogen) geht hervor, daß man es nicht mit einer vollständigen Hafenbaukunde, sondern blos mit einem Leitfaden oder allgemeinen Abrisse über diesen Gegenstand zu thun hat, aber es ist ein Buch, welches nicht blos den Laien in dieser Branche der Ingenieurwissenschaft empfohlen zu werden verdient, sondern auch für den Ingenieur genug des Wissenswürdigen bietet, da der Herr Verf. auf's Vollständigste mit seinem Gegenstande vertraut ist und über ausgedehnte Erfahrungen gebieten kann. Zur Erläuterung sind einige 30 Holzschnitte und 10 kleine Kupfertafeln beigegeben.

The operative mechanic's Workshop Companion and the scientific gentleman's Practical Assistant, comprising a great variety of the most useful Rules in Mechanical Science, with numerous Tables of practical data and calculated results for facilitating mechanical and commercial transactions. By William Templeton. Eigth Edition, revised and enlarged, with the addition of Mechanical Tables for the use of Operative Smiths, Millwrights, Engineers, etc., to which also have been now added several useful and practical rules in Hydraulics and Hydrodynamics, a variety of experimental results and en extensive table of Powers and Roots. London: Lockwood & Co., 7. Stationer's Hall Court. 1864. (Leipzig, bei L. Denicke.)

Sicher hat keine Nation weniger Ursache, sich in der ausländischen Literatur nach guten Hand- und Hilfsbüchern für Ingenieure und Techniker umzusehen, als die deutsche, da wir davon wirklich eine sehr reiche Auswahl besitzen, aber demungeachtet ist es lehrreich und interessant, die ähnlichen Hilfsmittel der englischen Nation, welche in dem Ruf der

praktischen Nation par excellence steht, zu vergleichen, und unter diesen ist Templeton's Workshop Companion mit eines der beliebtesten. Als eine besondere Eigenthümlichkeit wollen wir bezeichnen den Abschnitt über „instrumental arithmetic“, d. h. über den Gebrauch des Rechenschiebers, und als eine recht nützliche Zusammenstellung die Preisliste „of mill-work“, wozu der Engländer bekanntlich nicht blos Mühlen-, sondern allerhand andre kleine Maschinerie, Wasserräder u. dergl. rechnet, endlich sei noch bemerkt, daß fast überall an Stelle der Formeln wörtliche Regeln und Beispiele gesetzt sind. Bequemes Format, deutlicher Druck, weißes Papier und eleganter Einband zeichnen das Buch noch außerdem aus.

---

# Referate aus technischen Zeitschriften.

**Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.** Jahrgang 1863. XVIII. Band, Heft 5—6. (Schluß.)

Blankinsop, Vorrichtungen zur Reparatur gebrochener Schieberstangen und gegen das Speien der Locomotiven. — Ist eine Schieberstange gebrochen, so kann sie in ca. 15 Minuten dadurch wieder zur Weiterfahrt hergestellt werden, daß man auf die beiden Stücke Klemmringe aufschiebt, welche aus zwei Hälften bestehen und durch Schrauben fest angepreßt werden, diese beiden Klemmringe aber sodann durch Schrauben fest aneinander zieht, eine Vorrichtung, welche etwa 8 Thlr. kostet. — Gegen das Speien der Locomotiven läßt sich mit Vortheil ein kupfernes Sammelgefäß anwenden, welches an der tiefsten Stelle der Dampfanstrittscanäle angebracht ist und ein stets offenbleibendes Abflußröhrchen besitzt.

Clauß, Axlagerbüchse für Personen- u. Güterwagen. — Die hier abgebildeten Axlagerbüchsen bestehen nur aus einem Gußstück, auf welchem die Tragfeder lose ruht, und deren Vorderseite durch Lösen einer einzigen Schraube abgenommen werden kann, sodaß man mittelst einer untergesteckten Winde das Lager sofort von dem Axschenkel abziehen und das Schmierpolster herausnehmen kann.

Bohrvorrichtung für Radbandagen. — Jede Radialbohrmaschine läßt sich mittelst der hier dargestellten Vorrichtung zum Bohren von Radbandagenlöchern benutzen. Das Rad wird nämlich in hölzerne Lager bei der Bohrmaschine gelegt, in die Bohrhülse eine kurze Welle mit kleinem Stirnrad gesteckt und zwischen die Speichen des Rades eine bohrknarrenähnliche Bohrvorrichtung eingestellt, bei welcher jedoch statt des Zahnrädchens mit Sperrklinke ein in das Rad an der Bohrhülse passendes Stirnrädchen angewendet ist.

Behne, Reclamation wegen seines Locomotivensystems. — Herr Ingenieur Behne zu Harburg erklärt, daß das sogen. System Belpaire ebenso seine Erfindung sei, wie das System Behne und Kool und weist dies specieller nach.

Wood's selbstthätige Durchkreuzungen. — Bei dieser Einrichtung sind die Enden der innern Schienen gekrümmt und beweglich, wodurch eine bessere Führung der Räder und eine größere Schonung der Durchkreuzungsspitze erzielt wird.

Uebersicht der in der letzten Londoner Ausstellung befindlichen Modelle von Brücken.

Clauß, Personen- und Güterzug-Tenderlocomotiven für starke Steigungen und Curven. — Das System Baessen hat zwei feste gekuppelte Axen und einen Wendeschemel am Vordertheil, welcher den beiden getrennten Axen die Drehung nach allen Seiten und eine seitliche Verschiebung gestattet. Kohlen und Wasser sind in Kästen auf beiden Seiten der Maschine untergebracht. Die Maschine für Personenzüge wiegt ausgerüstet 45000 Kilogr., wovon 25 Tons auf die Triebräder und 17 Tons auf die Laufräder kommen, diejenige für Güterzüge mit 3 gekuppelten Axen wiegt ebensoviel und es kommen 35 Tons auf die Trieb-, $7^1/_2$ Tons auf die Laufräder. Die Hauptdimensionen sind folgende:

| | Personenzug-, | Güterzugmaschine. |
|---|---|---|
| Cylinderdurchmesser | 0,46 Met. | 0,46 Met. |
| Kolbenhub | 0,61 „ | 0,61 „ |
| Triebraddurchmesser | 1,68 „ | 1,2 „ |
| Laufraddurchmesser | 0,90 „ | 0,8 „ |
| Abstand der Triebräder | 2,30 „ | 2,6 „ |
| „ „ Laufräder | 1,40 „ | 1,2 „ |
| Aeußerster Axstand | 5,60 „ | 5,6 „ |
| Feuerkiste, Länge | 2,40 „ | 2,4 „ |
| „ Höhe | 0,8 „ / 1,1 „ | 0,8 „ / 1,1 „ |
| „ Breite | 1,1 „ / 1,16 „ | 1,11 „ / 1,16 „ |
| Rost, Länge | 2,3 „ | 2,3 „ |
| Breite | 1,11 „ | 1,11 „ |
| Kessel, Durchmesser | 1,3 „ | 1,3 „ |
| Länge | 3,3 „ | 4,0 „ |
| Siederöhren, Zahl | 200 | 200 |
| Durchmesser | 0,05 Met. | 0,05 Met. |
| Länge | 3,42 „ | 4,12 „ |
| Dampfspannung | 8 Atm. | 8 Atm. |
| Heizfläche, Feuerkiste | 9,8 Qu.-Met. | 9,8 Qu.-Met. |
| Siederöhren | 107,45 „ | 129,36 „ |
| Rostfläche | 2,53 „ | |
| Wasserraum | 4500 Liter | 4000 Lit. |
| Kohlenvorrath | 1500 Kil. | 1500 Kil. |

Von den Güterzugmaschinen sind auf der Isabella II.-Bahn seit Mai 1861 acht Stück in Gang, welche Curven bis zu 125 Met. Radius ohne Schwierigkeit durchlaufen und auf Steigungen von 1,8 bis 2 Procent 200000 bis 250000 Kil. Bruttolast befördern.

Ueber die Verminderung des Gewichtes der Schnellzugmaschinen. — (Nach dem Engineer.) Man erhält leichtere Maschinen, wenn man kleinere Triebräder und rascher gehende Dampfkolben anwendet, es müssen aber alsdann die Abnutzungsflächen und die Dampfcanäle genügend groß hergestellt werden, wie bei den amerikanischen Maschinen. Versuche haben übrigens dargethan, daß schnellere Kolbenbewegung vortheilhaft ist. Verminderung des Kesselgewichtes und Erhöhung des Dampfdruckes, Weglassen des als überflüssig befundenen Dampfdomes, Verwendung von Stahl, Verminderung des Wasser- und Kohlenvorrathes und endlich Beseitigung eines besonderen Tenders sind sonst noch sehr wichtige Mittel zur Herabziehung des Gewichtes der Maschinen.

Brown's Eisenbahnwagenräder — zeigen die

eigenthümliche Construction, daß die Bandage auf der innern Seite einen schwalbenschwanzförmigen Vorsprung und der Radreif eine entsprechende Form besitzt. Auf der innern und äußern Seite des Rades werden nur Ringe mit keilförmigen Ausschnitten angelegt und durch Schrauben befestigt, welche in die Schwalbenschwanzvertiefungen eingreifen und somit jedem Ablösen der Radreifen vorbeugen.

Der Aufwand für Locomotiven auf den englischen Eisenbahnen. — Nach dem Engineer haben im J. 1861 die Kosten der Locomotiven bei 12 der größten englischen Eisenbahnen $6^2/_3$ bis $10^1/_4$ Pence pro Mile betragen, wobei auf 1,4 Meile Bahnlänge durchschnittlich eine Locomotive kommt.

Ueber die zweckmäßigste Form der Lauffläche der Schienen. — Auf Grund vieler Messungen, welche an sämmtlichen Bahnen des Norddeutschen Verbandes angestellt worden sind, ist hier eine Tabelle über die sich während des Gebrauches ausbildenden Profile der Schienen mitgetheilt, welche den Krümmungshalbmesser und die Neigung auf geradem Gleis und in Curven links und rechts ersehen läßt. Es ergiebt sich daraus, daß es zweckmäßig sein würde, als Normalradius für die Krümmung der Schienenoberfläche 190 Millimeter und als Normalneigung der Schienen und Radreifenoberfläche $^1/_{17}$ aufzustellen, wobei die seitliche Abrundung des Schienenkopfes nach einem Radius von 12,5 Millimetern geschehen möchte.

## Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins. XV. Jahrg. 1863, Heft 10 bis 12.

Poschacher, Gegenstände des Civilingenieurwesens auf der Londoner Ausstellung. — Notizen über Wasserleitungsröhren, Hausfilter und Entwässerungsanlagen, sowie über alle Arten von Gasapparaten und Heiz- und Ventilationseinrichtungen, Bad- und Waschapparaten, Waterclosets, endlich über Dach- und Treppenconstructionen u. dgl., welche bei der Londoner Ausstellung durch Exemplare, oder in Modellen und Zeichnungen vertreten gewesen sind.

Ramsberger, elektrische Glockensignal- und Telegraphenlinien zum Telegraphiren von den Wächterhäusern nach den Stationen. — Es wird empfohlen, die Telegraphenlinie auf constanten, die Glockenlinie auf Inductions-Strom einzurichten und jedes Wächterhaus mit einem Taster und einer hier näher beschriebenen, für Nichtkundige brauchbaren versiegelten Vorrichtung zu versehen, welche bequem Hilfssignale zu geben gestattet.

Langer, die Gitterbalken als Träger von gleichem Widerstande. — Wird ein Gitterbalken einmal mit diagonalen Streben, das andre Mal mit diagonalen Zug- und verticalen Druckstreben ausgesetzt, so ist im zweiten Falle der Materialaufwand 1,5 mal so groß, also ist die Vergitterung mit gleichmäßigem Zickzackzuge die ökonomisch vortheilhaftere, indessen ist es nöthig, den Druckstreben bei hohen Gitterwänden ein steifes Profil zu geben.

Schmidt, Referat über J. Völckers' „Indicator." — Eine eingehende und sehr interessante Besprechung des Völckers'schen Werkes, in welcher der Herr Verf. die Resultate der Indicatorversuche benutzt, um die Richtigkeit seiner eigenen theoretischen Untersuchungen („Theorie der Dampfmaschinen" von Gustav Schmidt) zu prüfen und einzelne Abänderungen daran vorzunehmen. [Separatabdrücke sind von dem Verleger dieser Zeitschrift (Arthur Felix in Leipzig) zu beziehen.]

Langer's steife Kettenbrücken. — Tabellen über den Materialbedarf dieser Brückenconstruction, welcher nach diesen Angaben sehr mäßig ausfällt und eine große Billigkeit der Construction verspricht, weil die Eisentheile so einfach sind, daß diese Brücken nicht theurer als die Gitterbrücken zu stehen kommen dürften.

Versuche mit einem doppeltwirkenden Cylindergebläse von Leyser und Stiehler. — In Gegenwart der Herren Bockholtz, General-Inspector der k. k. priv. österr. Staatseisenbahngesellschaft, P. Ritt. v. Rittinger, k. k. Sectionsrath, und Pius Fink, Ingenieur, wurde an einem solchen Gebläse mit 21″ Kolben- und $2^1/_4$″ Kolbenstangendurchmesser und 2′ Kolbenhub

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei | 49 | 51 | 64 | 68 | 74 | 57 | Umdrehungen pro Minute |
| und | $35^1/_2$ | $35^1/_2$ | $35^1/_2$ | 42 | 42 | $27^1/_2$ | Linien Düsendurchmesser |
| eine Pressung von | | | | | | | |
| | 26 | 36 | 39 | 23 | 30 | 64 | Linien Quecksilbersäule |

beobachtet, wobei der Gang völlig geräuschlos und ruhig blieb, auch der Cylinder keine Erwärmung wahrnehmen ließ.

Chrétien's Dampfkrahne — zeichnen sich durch compendiöse Anordnung und Einfachheit aus. Der Dampf wirkt hier wie bei den Armstrong'schen hydraulischen Krahnen direct, indem die Kolbenstange die bewegliche Rolle des Flaschenzuges trägt. Der Dampfcylinder befindet sich im Innern des Dampfkessels und Letzterer bildet den unteren Theil des Auslegers des Krahnes. Es ist hiernach zur Bewegung der Last keinerlei Räderwerk nöthig. Zur Drehung des Krahnes dient eine Art rotirende Dampfmaschine, was aber keine Schwierigkeiten verursacht, weil die Drehung nie mehr als einen Umgang betragen kann.

Barclay's Windkessel. — Zur Vermeidung von Windverlusten umgiebt Barclay den eigentlichen Windkessel mit einem concentrischen Hemde, welches ebenfalls mit den Pumpenrohren communicirt. Ist Letzteres nicht ganz dicht, so füllt es sich mit Wasser und schließt den Windkessel um so dichter ein, ist aber dieser selbst nicht ganz dicht, so wird die Luft mindestens viel langsamer daraus entweichen, als wenn der Windkessel von atmosphärischer Luft umgeben wäre. Ramsbottom senkt den Windkessel ganz in das Steigrohr ein, was jedenfalls noch einfacher und ebenso wirksam ist.

v. Szent-György, neues Sicherheitsventil. — Dasselbe besteht aus zwei an den Enden eines Balanciers hängenden Ventilen, wovon das eine größere durch ein Gewicht am Balancier von außen, das andere kleinere durch den Dampf von innen gegen den Sitz gedrückt wird. Jedes Ventil hat in einem Abstande gleich der doppelten Hubhöhe eine Gegenplatte, welche dem andern Ventile an Größe gleich ist und mit vorspringenden Rippen gegen die entgegengesetzte Seite des Sitzes anschlägt. An dem beschwerten Balancierende greift überdies eine Stange an, welche von einer manometerartigen Vorrichtung aufwärts gehoben wird, wenn die größte zulässige Spannung eintritt. Durch Letztere werden alsdann die beiden Ventile geöffnet und, da das Manometer mit einem

Theile des Kessels in Verbindung gesetzt werden kann, in welchem die richtige Pressung stattfindet, so werden diese Ventile sich stets im richtigen Momente öffnen. Da sie entlastet sind, so brauchen sie auch nur geringe Belastungsgewichte und sind daher empfindlich genug.

**Clayton & Schuttleworth's Kuppelung für Straßenlocomotiven.** — Parallel zur Triebaxe sitzt eine Welle, welche an den Enden zwei Zahnräder und dazwischen eine lose sitzende Kettentrommel trägt. An Letzterer sind in der Nabe und in der Peripherie die Axen von ein Paar diametral stehenden conischen Rädern befestigt, welche in zwei an der Welle der Kettentrommel sitzende conische Räder eingreifen. Eins von diesen Rädern ist lose und mit demjenigen Getriebe am Ende der Welle verbunden, welches in das Stirnrad an der Nabe des losen Triebrades eingreift, während das andre conische Rad und das andere Getriebe an der Vorgelegswelle, welches in das Zahnrad an dem festgekeilten Triebrade eingreift, fest aufgekeilt ist. Die Triebräder können sich also bei Durchlaufung von Curven völlig unabhängig von einander drehen. Die Uebertragung der Triebkraft erfolgt natürlich mittelst Laschenkette.

(Schluß folgt.)

---

# Einladung

zur

## Theilnahme an der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure.

Die Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure wird in dem laufenden Jahre und zwar in den vier Tagen vom **30. August bis einschließlich 2. September zu Wien** stattfinden.

Mit der Versammlung wird gleichzeitig eine **Ausstellung** von Zeichnungen, Modellen und anderen Gegenständen aus dem Gebiete der Architektur und des Ingenieurwesens verbunden sein.

Indem der unterzeichnete Vorstand sich beehrt, die Herren Fachgenossen zu einer zahlreichen Betheiligung an dieser Versammlung einzuladen, und um thunlichste Verbreitung dieser Einladung in fachverwandten Kreisen zu ersuchen, erlaubt sich derselbe hinsichtlich der Anmeldung zur Theilnahme, so wie des Programmes*) der Versammlung auf das beigefügte Ausschreiben des vorbereitenden Local-Comité's zu verweisen.

Im Juli 1864.

**Der Vorstand:**

**W. Ritt. v. Engerth**, Wien. **Hase**, Hannover. **Karmarsch**, Hannover. **Schmidt**, Wien. **v. Siccardsburg**, Wien. **Stammann**, Hamburg. **Strack**, Berlin. **Stüler**, Berlin. **Voigt**, Braunschweig. **Wiebe**, Berlin.

*) Aus dem Programme, welches wir aus Mangel an Platz nicht vollständig abdrucken können, haben wir noch mitzutheilen, daß die Theilnehmer gebeten werden, ihre Anmeldung unter genauer Angabe der Adresse bis zum 15. August zu bewirken und dabei ihre etwaigen Wünsche wegen Zusendung einer (zu gewissen Fahrpreis-Ermäßigungen berechtigenden) Einladungskarte und bezüglich der Besorgung eines Zimmers in einem Gasthause auszusprechen, sowie beabsichtigte Vorträge, Ausstellungen u. dergl. kund zu geben. Alle Zuschriften werden unter der Adresse: „An das Localcomité der XIV. Versammlung deutscher Architekten und Ingenieure zu Wien, Tuchlauben Nr. 8" erbeten. Das Bureau wird im Gebäude des k. k. polytechnischen Institutes vom 29. August bis einschließlich 3. September von 8 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags offen stehen und im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein (Schönbrunner Haus, Tuchlauben Nr. 8) werden vom 26. August an vom frühen Morgen bis nach Ankunft des letzten Bahnzuges Listen disponibler Wohnungen zur Einsicht aufliegen.

Das Localcomité wird überdies bemüht sein, den Theilnehmern freien Zutritt zu den Museen, Gemäldegalerieen u. s. w. Wiens zu erwirken und am 2. September wird mittelst unentgeltlich gestellten Separatzuges ein Ausflug zur Besichtigung der Semmeringbahn stattfinden.

D. Red.

---

# Einladung.

## Die siebente Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure

wird in **Heidelberg** während der Tage vom

Montag, dem 5. bis Mittwoch, den 7. September d. J.

stattfinden.

Außer specielleren Fachvorträgen werden unter anderen folgende Gegenstände allgemeinen Interesses durch betreffende Vorträge eingeleitet und zur Discussion auf die Tagesordnung gebracht werden:

Die Schulze-Delitz'schen Genossenschaften in ihren Beziehungen zur Industrie.
Die der Organisation polytechnischer Schulen zu Grunde zu legenden Principien.
Die Einführung des metrischen Maßsystemes &c.

Außer den Vereinsmitgliedern werden

**die Techniker und Industriellen Deutschlands**

hierdurch freundlichst eingeladen, an dieser Versammlung recht zahlreich Theil zu nehmen.

**Der Vorstand des Vereines deutscher Ingenieure.**

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

№ 7.

## Literatur.

Bericht über die Wasser-Versorgung der Königlichen Residenz- und Hauptstadt Dresden. In officiellem Auftrage erstattet von Aug. Fölsch. Dresden. Verlagsbuchhandlung von Rudolf Kuntze. 1864.

Wenn auch zunächst nur für den Rath der Stadt Dresden, von welchem der Verfasser mit der Abfassung eines motivirten Gutachtens über die Umgestaltung der Wasserversorgung genannter Stadt beauftragt worden war, bestimmt und daher viele Erörterungen von mehr localer Natur enthaltend, so ist diese elegant ausgestattete Schrift doch auch sehr geeignet, allgemeineres Interesse zu erwecken, da sie ein nachahmenswerthes Beispiel für die Art und Weise, wie derartige Gegenstände zu behandeln sind, giebt und mancherlei Fingerzeige für ähnliche Erörterungen und Anlagen enthält. Was den Inhalt anlangt, so beginnt der Herr Verfasser mit der Darlegung der Uebelstände der gegenwärtig bestehenden Wasserleitungen und des Wasserbezuges aus Hausbrunnen, entwickelt sodann die Grundbedingungen für die künftige Wasserversorgung und erörtert die Frage, ob durch artesische Brunnen, durch Schöpfwerke mit Filtrircanälen, durch Herbeileitung von Quellen und dergleichen diesen Bedingungen genügt werden könne. Auf das Speciellere eingehend wird hierauf zuerst die Versorgung der auf dem rechten Elbufer liegenden Neustadt mit ca. 40000 Einwohnern durchgegangen und ein Plan für ein aus der Elbe schöpfendes Pumpwerk mit hochgelegenen Filterbassins entworfen, dann aber die Wasserversorgung der gegenüberliegenden und ca. 95000 Einwohner zählenden Altstadt erörtert, wobei sich namentlich zwei Wege, nämlich erstens die Herbeileitung der Biela mittelst eines über 5 Meilen langen Canales und zweitens die Anlage eines aus der Elbe gespeisten und das in tief liegenden Filterbassins gereinigte Wasser durch die Stadt nach einem hochliegenden Vertheilungsreservoir drückenden Pumpwerkes, als ausführbar darstellen. Mit der gegenseitigen Vergleichung dieser beiden Modalitäten, welche zu Gunsten der Letzteren ausfällt, und Erörterungen über die Art und das Material der zu den Vertheilungsröhren zu benutzenden Röhren schließt der Hauptbericht, an welchen aber zehn verschiedene Anlagen, welche bei Abfassung des Berichtes benutzt wurden, angeschlossen sind. Dieselben enthalten vornehmlich die gründlichen chemischen Untersuchungen der in Frage kommenden Gewässer durch Hr. Professor Sußdorf, Tabellen über die Regenmengen und Regentage der Dresdner Gegend, Angaben des Hr. Dr. Weiß über die Wasserführung mehrerer zu berücksichtigenden Bäche und Quellen, einen Bericht desselben Herrn über ein versuchshalber angelegtes Schöpfwerk mit Filtriranlage und einen Bericht des Directors der Lyoner Wasserwerke über die Filtrircanäle in Lyon u. s. w.; es sind also auch diese Mittheilungen großentheils von ganz allgemeinem Interesse.

Vorträge über Ingenieur-Wissenschaften an der polytechnischen Schule zu Hannover. Von A. v. Kaven, Baurath. (Als Manuscript gedruckt.) Abtheilung II. Der Eisenbahnbau. II. Abschnitt. Bahnhöfe bis Trajectanstalten. Hierzu die Tafeln H. I. K. L. O. P. Q. R. S. T. U. V. W. $N_I$. $N_{II}$. $N_{III}$. $O_I$. $O_{II}$. $O_{III}$. $O_{IV}$. $O_V$. (Zweiter Abdruck). Hannover. Carl Rümpler. 1864.

Diese Vorträge, deren erste Abtheilung den „Wegebau" enthält und von deren zweiter Abtheilung (Eisenbahnbau) der erste und dritte Abschnitt demnächst erscheinen werden, waren ursprünglich nur für die Zuhörer des Herrn Verfassers bestimmt und sind nur zur Befriedigung mehrfach geäußerter Wünsche Anderer hier nochmals unverändert zum Abdruck gebracht werden. Welchen Werth derartige Veröffentlichungen für die Zuhörer haben, ist einleuchtend genug, da durch dieselben den Studirenden nützlicher Stoff zum Nachstudium und Muße zum aufmerksamen Verfolgen des Vortrages geboten wird, während das Nachschreiben Letzteres benachtheiligt und doch nur mehr oder weniger mangelhafte Hefte liefert, während zur ausführlichen Ausarbeitung derselben meistentheils die Zeit gebricht. Aber auch solchen Architekten und Ingenieuren, welche zwar das Bedürfniß nach einer nicht ganz oberflächlichen Kenntniß des Eisenbahnbaues fühlen, aber nicht im Stande sind, die bezüglichen Vorträge zu hören, können diese „Vorträge" als ein möglichst vollständiger Ersatz empfohlen werden; sie können in der That, obgleich der Herr Verfasser dies allzubescheiden ablehnt, als ein Lehrbuch des Eisenbahnbaues betrachtet werden, woran es zeither unserer deutschen Literatur noch gänzlich gebrach. Wenn die zahlreichen diesem Werke beigegebenen Tafeln mehr nur nach Art von Skizzen behandelt sind, so kann dies allerdings bedauert werden, da die Deutlichkeit der Figuren hierunter doch bisweilen etwas leidet, doch ist diese Ausführung einerseits in der Bestimmung des Werkes begründet, und andrerseits kommt sie ihm in sofern zu Statten, als es sonst nicht möglich sein würde, dasselbe zu einem so billigen Preise herzustellen. Vorliegendes 12 Bogen starke Heft behandelt die Bahnhöfe sammt dahin gehörigen Einrichtungen, als Ausweichungen und Kreuzungen, Drehscheiben und Schiebebühnen, Perrons und Rampen, u. s. w., dann die außerhalb der Bahnhöfe vorkommenden Hochbauten, als: Bahnwärterhäuser, Bahnmeisterwohnungen und dergleichen, drittens die optischen und elektromagnetischen Telegraphen, viertens

die Futter-, Stütz- und Bekleidungs-Mauern, endlich fünftens die Trajectanstalten und Fähren. Obwohl unsere deutschen und speciell die hannover'schen Verhältnisse billigermaaßen in den Vordergrund gestellt sind, so unterläßt es der Herr Verfasser doch nirgends, seine Zuhörer auch mit den abweichenden, mehr oder weniger nachahmenswerthen Einrichtungen des Auslandes bekannt zu machen. Ueberall wird zunächst der Zweck und die hauptsächlichsten Erfordernisse der betreffenden Baulichkeiten entwickelt, die erforderliche Größe derselben aufgesucht und an Beispielen nachgewiesen, Vortheile und Nachtheile der verschiedenen Constructionen erörtert und praktische Winke für die Ausführung gegeben; theoretische Untersuchungen sind im Allgemeinen vermieden, wogegen öfters historische Rückblicke dem Vortrage einen besondern Reiz verleihen. Ein Verzeichniß der Literatur wird dem nächsten Hefte beigegeben werden, was den Werth dieser lehrreichen „Vorträge" noch besonders erhöhen wird.

Sachregister technischer Journale zum Gebrauch für Ingenieure, Architekten, Chemiker und Gewerbtreibende. Herausgegeben von dem Verein „Hütte". Erster Jahrgang 1863. Berlin, Verlag von Ernst & Korn. (Gropius'sche Buch- u. Kunsthandlung.) 1864.

Die „Hütte", welche sich bereits durch mehrere nützliche literarische Unternehmungen weit über die Grenzen des Vaterlandes hinaus bekannt und verdient gemacht hat, tritt hier wieder mit einem Werkchen auf, welches den allgemeinsten Beifall finden wird, da es den Ueberblick über die neuen Erscheinungen auf dem jetzt von Jahr zu Jahr immer schwieriger zu überblickenden Gebiete der Journalliteratur ganz ungemein erleichtert und das Notiren wichtiger Artikel für die Zukunft fast ganz erspart. In dem vorliegenden Jahrgange des „Sachregister" sind bereits 24 der wichtigsten technischen Journale des In- und Auslandes vertreten und im nächsten Jahrgange werden noch einige andere Zeitschriften hinzugefügt werden. Die betreffenden Aufsätze sind in der Sprache citirt, in welcher sie geschrieben sind, und bei solchen Artikeln, welche von mehreren Zeitschriften wiedergegeben worden sind, ist, einige Irrthümer abgerechnet, die ursprüngliche Quelle allein oder doch zuerst angegeben. Bequemes Format und deutlicher Druck zeichnen das Buch außerdem noch aus, sodaß wir hoffen können, es regelmäßig alle Jahre wieder erscheinen zu sehen.

# Referate aus technischen Zeitschriften.

**Zeitschrift für Bauwesen.** Jahrg. XIV. 1864. Heft 1—6.

Dult, Brücken in der Schweiz und in Frankreich. — Dieser mit zahlreichen Holzschnitten versehene Aufsatz bringt Reisenotizen über die Kettenbrücke über die Aar in Bern mit Geländergittern, die Rhonebrücken bei Genf, Culoz, Lyon, Vienne, Valence, Avignon, Beaucaire u. s. w., die Brücken bei Toulouse, Bordeaux, Cubcac, Nantes, Chalonnes, Tours, le Hâvre, Paris u. s. w. Ein sehr großer Theil dieser Brücken sind Hängebrücken.

Die Bauanlagen der Stargard-Cöslin-Colberger Eisenbahn. — Beschreibung dieser im Ganzen 22,8 Meilen langen Eisenbahn mit 6 Tafeln Zeichnungen. Höchste Steigung 1 : 150, stärkste Curven nicht unter 300 Ruthen. Planum im Allgemeinen nur eingeleisig. Größte Brückenöffnung 55 Fuß. Schienenprofil: 5" Höhe, $2^1/_2$" Kopfbreite, Länge 21', Gewicht 22,9 Pfd. pro laufenden Fuß. Stoßverbindung mittelst zweier 17" langen, $3^1/_4$" breiten und $^5/_8$" starken Laschen und vier $^3/_4$zölligen Schrauben. Die Tafeln geben unter Anderem auch die Zeichnung einer eisernen doppeltwirkenden Pumpe mit zwei Cylindern, mit welcher 4 Mann bei 6 Fuß Hubhöhe durchschnittlich in der Minute 36 Cubikfuß Wasser förderten; ferner eine 38füßige Drehscheibe mit Signalvorrichtung, Situationsrisse der Hauptbahnhöfe und der Werkstatt zu Stargard u. s. w.

Manger, über den Maurersand. — Vitruv's Regel, wonach auf 1 Th. Kalkbrei 3 Th. Gruben-, aber nur 2 Th. Flußsand genommen werden sollen, ist nur richtig, wenn man unter Grubensand den in Italien verbreiteten, puzzolane- und traßähnlichen vulkanischen Sand versteht. Ein guter Maurersand muß aus dem dichtesten, im Wasser und an der Luft unlöslichen Gesteine bestehen, möglichst wenig Zwischenräume bieten und klares Wasser möglichst wenig trüben. Wenn man ein Gefäß von ca. $^1/_2$ Quart Größe mit getrocknetem Sande vollstampft und wiegt, und dann vergleicht, wieviel Wasser dasselbe noch aufnimmt, so ist der Sand um so besser, je weniger Wasser er aufnimmt. Ebenso ist es ein gutes Zeichen, wenn der Sand rasch das Wasser ansaugt. Nach den Mörtelanalysen von Zinkek (siehe d. Bl. 8. Band, S. 46) halten alte Mörtel $1^1/_3$ bis 4,5 Th. Sand (im losen Zustande gerechnet), beim Stampfbau nimmt man sogar 9 bis 12 Th. Sand auf 1 Theil Kalk. Da nun magere Mörtelmischungen rascher binden, als fettere, letztere aber festere Kalkfugen geben, so wird es sich empfehlen, auf 1 Th. Kalk 3 Th. losen oder 2 Th. festgelagerten Sand zu nehmen, wofür in dem stark gepreßten Grundmauerwerk auch 4 bis $4^1/_2$ Th. Sand und im Bruchsteinmauerwerk aus großen Steinen 6 Th. Sand genommen werden dürfen.

Ruchholtz, Apparat zum Messen der Durchbiegung von Brücken. — Der im J. 1856 für die Ruhrbrücke bei Wetter construirte und am hölzernen Oberbau für das erste Geleise befestigte Apparat verzeichnete auf einer verschiebbaren Tafel eine Curve, welche die Durchbiegung des betreffenden Punktes der Brücke während der vorübergehenden Belastung erkennen läßt.

Weishaupt, über die Flügelbaue der Eisenbahnbrücken. — Nach vielfachen Erfahrungen ist die parallele Construction der Flügel zu verwerfen, weil das hinterschüttete Material bei nassem Wetter und unter dem Einfluß der Stöße des Zuges oft in ruckweise Bewegung geräth, welche bei schrägen Flügeln blos eine Ausbauchung der Böschung u. s. w. zur Folge haben wird, bei parallelen Flügeln aber Abtrennungen und seitliche Verschiebungen bewirken kann.

Justen, Caisson für eine 50' weite Passage bei den Docks zu Birkenhead. — Um die Schleusenthore bei den genannten Docks untersuchen zu können, ohne das ganze Wasser ablassen zu müssen, hat man zwei eiserne Caissons von 50 und 100 Fuß Länge construirt, wovon der eine hier abgebildet ist. Diese Caissons haben die Form von Schiffen und sind durch horizontale Balkenanlagen in drei Kammern getheilt, wovon die unterste so viel Ballast (Ziegelmauerwerk) trägt, daß der Caisson bis zu 3 Zoll unter dem Boden der

mittleren Kammer eintaucht. In Letzterer befinden sich an der Seite zwei durch Klappen vom Verdeck aus verschließbare 4 Quadratfuß große Schleusenöffnungen, welche geöffnet werden, wenn sich der Caisson senken soll. Zum Heben desselben schließt man diese Klappen und läßt das Wasser durch eine dritte Schleuse in einen in der Mitte der mittleren Kammer stehenden und bis in die obere Kammer reichenden Schacht austreten, durch welches es aus dem Caisson herausgeschafft wird.

Hübbe, Schließung eines Schleusenbruches in England und Entwässerung durch Heber. — Ausführlichere Notizen über den Bruch am sogenannten Middel-Level, über welchen wir in d. Bl. schon auf S. 10 referirten. Wir wollen hieraus namentlich die Notiz über die Hebervorrichtung ergänzen. Der Herr Verfasser hat die Ausflußmengen der 16 Heber nach der Weisbach'schen Formel berechnet und findet eine genügende Uebereinstimmung mit den gemessenen Ausflußmengen, weist aber nach, daß die Senkung des Niveaus des Binnenwassers durch Einführung des Heberwerkes der früher bestandenen Schleuse gegenüber wesentlich beeinträchtigt wird.

Die Wasserstationen der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Soran und Liegnitz. — Genannte Wasserstationen unterscheiden sich blos in den Baulichkeiten, die Maschinerie ist die nämliche. Zu Sorau sind 3 Stück Wasserreservoirs à 340 Cubf. Inhalt bei 22' $2^1/_2$'' über der Schienenoberkante aufgestellt und 3 ebensolche Reservoirs finden noch Platz. Die Hebung des Wassers erfolgt durch eine per Dampfmaschine bewegte 2cylindrige Pumpe mit Letestu'schem Kolben. Am untern Ende des einen Cylinders sitzt das 20' lange Saugrohr mit Saugventil am Ende, während sein oberes Ende durch ein kurzes Rohr mit dem unteren Ende des zweiten Cylinders verbunden ist. Letzterer ist am oberen Ende an das 24' hohe Steigrohr angeschraubt und sein Kolben vertritt gewissermaaßen das Steigventil, wenn er nieder zu- und derjenige des unteren Cylinders aufwärtsgeht. Kolbenhub 9'', Cylinderdurchmesser $5^3/_8$'', Hubwassermenge pro Stunde 650 Cubfuß bei 50 Hüben pro Minute. Ganze Hubhöhe 47'. Die Dampfmaschine ist eine einarmige Balanciermaschine mit Evans'schem Parallelogramm, welche bei 4 Atm. Ueberdruck und 50 Umgängen etwa 4 Pferdekräfte leistet, $7^1/_2$'' Kolbendurchmesser und 15'' Hub besitzt und pro Stunde 40 bis 44 Pfd. Kohlenklein zur Feuerung bedarf. Der 4' weite, 5' lange Kessel enthält ein 21'' weites, vorn um 17'' über die Stirnwand des Cylinderkessels hervortretendes Feuerrohr und zu beiden Seiten desselben 34 Stück eiserne, $2^1/_4$'' weite Rauchröhren, durch welche der Rauch nach dem vorderen Ende des Kessels zurückzieht, um daselbst am Boden nach dem Essencanal zu entweichen. Feuerberührte Fläche 111 Quadratfuß. Roststäche 7 Quadratfuß.

Magnus, über die Beleuchtung von Ausstellungsräumen. — Aus diesem interessanten Vortrage geht hervor, daß eine Fensterwand, oder bei Oberlicht die Decke nicht mehr als dreimal so breit als das Fenster sein darf, daß aber bei Seitenlicht die Höhe der Fenster eine unbegrenzte ist, während bei Oberlicht die Höhe des Raumes nicht $^2/_3$ bis $^5/_7$ der Breite überschreiten darf. Viele andere praktische Fingerzeige können wir hier nicht weiter referiren.

Bewegliches Wehr von Poirée in Paris. — Bei der Monnaie in Paris hat Poirée ein sehr interessantes bewegliches Wehr aufgestellt, welches eine Anstauung von 2,5 Met. bewirkt und aus vier 8,75 Met. weiten, ca. 7500 Kil. wiegenden Abtheilungen besteht, die durch 2 Mann in Bewegung gesetzt werden können. Die Stauvorrichtung besteht aus einer cylindrischen blechernen Schütze, welche an radialen Armen hängt und sich um eine in den Zwischenpfeilern bei 3,1 Met. über dem niedrigsten Wasserstande liegende Axe dreht. Wenn sie nicht aufgezogen ist, so ruht sie in einer kropfartigen Versenkung der Sohle bei 1 Met. unter dem Tiefwasserstande, und wenn sie ganz aufgezogen ist, so läßt sie unter sich einen Zwischenraum offen, der erst wieder durch eine andere bewegliche Vorrichtung geschlossen werden muß. Vor dieser blechernen Schütze liegt nämlich auf der Sohle ein 0,5 Met. hoher, quer über die Oeffnung reichender Balken und der zwischen diesem Balken und der Schütze bleibende, etwa 0,5 Met. breite Zwischenraum wird durch einen an Schwingen hängenden horizontalen Balken geschlossen, wenn dieser heraufgezogen wird. Dieser Balken ist zugleich sehr bequem zur Spühlung.

Rziha, Tunnelbaumethode in Eisen. — Nach einer allgemeinen historischen Uebersicht über die verschiedenen Tunnelbausysteme weist der Herr Verfasser nach, daß seine neue eiserne Tunnelbaumethode die an ein rationelles System zu stellenden Anforderungen erfüllt, indem der Ausbau im ganzen Profil erfolgt, vollkommen sicher ist, schnell zum Ziele führt, die Ausmauerung bequem gestattet und sich in jedem Gebirge anwenden läßt. Gegen die Holzbaumethode zeichnet sie sich durch Einfachheit aus, indem sie die provisorische und definitive Auszimmerung, sowie die Aufstellung der Lehrbögen in sich begreift, also ein bessereres Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten und den Wegfall früher benöthigter Arbeiten gestattet, und eine geringere und günstiger vertheilte cubische Stützungsmasse besitzt, ferner ist der Eisenausbau theils wegen des widerstandsfähigeren Materiales, theils wegen der zweckmäßigeren Form der Rahmen sicherer, drittens gewährt er wegen der Wiederverwendbarkeit und Einfachheit der Gerüste, wegen der billigeren Gewinnung und Förderung, Wasserhaltung, Beleuchtung und Ventilation, wegen der Erleichterung der Mauerung und Abstützung, wegen der Verminderung der Auswechselung und Vereinfachung des ganzen Bauverfahrens, endlich wegen des Wegfalles der Bölzung zur Lehrbogeneinstellung wesentliche Ersparnisse. Die neue Methode wurde bis jetzt an dem mit den größten Schwierigkeiten zu betreibenden Raenser und an dem nur in mildem und gebrächem Gesteine aufzufahrenden Ippenser Tunnel geprüft und hat sich ganz bewährt; bei dem ersteren Tunnel stehen die Rahmen 4, bei dem letzteren 6' weit auseinander. Bei weit auseinanderstehenden Bögen sind Bahnschienen als Schalung zu verwenden.

Redlich, Hilfsmittel zu Erdberechnungen. — Es wird ein Maaßstab mitgetheilt, welcher für im Terrain horizontal begrenzte Querprofile die den Auftrag- und Abtragshöhen entsprechenden Erdmassen pro 10 Ruthen Stationslänge in Schachtruthen angiebt, wenn im Längenprofil die Höhen im Maaßstabe von 25' gleich 1 Decimalzoll angegeben sind. Für quergeneigtes Terrain sind die abgegriffenen Größen noch mit besonderen, auf dem Maaßstabe verzeichneten Coefficienten zu multipliciren. Dieses Verfahren ist natürlich nicht so genau, als die Berechnung mit Tabellen; bedenkt man aber, daß die Stationen in Wirklichkeit gewöhnlich nicht den Terrainwechseln entsprechen und die Quergefälle oft nicht be-

rücksichtigt werden, so wird man diesen Maaßstab mindestens für überschlägliche Erdberechnungen mit vollem Vertrauen anwenden können und dadurch einer der anshältlichsten und unangenehmsten Arbeiten enthoben werden.

Grund, über Kettenschleppschifffahrt. — Auf den französischen Canälen bedient man sich schon seit 20 Jahren einer Kettenschleppschifffahrt, welche viel mehr zu leisten gestattet, als gewöhnliche Dampfschleppschiffe. Dieselbe ist so eingerichtet, daß auf der Sohle des Canales eine gewöhnliche Muschelkette mit 3½" langen Schaken von ¾" Eisenstärke liegt, welche an beiden Enden befestigt ist und sich um zwei 1 Meter starke, auf dem Deck des Dampfschleppschiffes in 8' Entfernung von einanderstehende Kettentrommeln fünffach aufwickelt, wenn diese Trommeln durch die Dampfmaschine in Umdrehung versetzt werden. Soll die Kette auf- oder abgelegt werden, was ziemlich aufhältlich ist, so wird an die Hauptkette eine Hilfskette befestigt, an welche sich das Schleppschiff mit seiner Ladung hängt, sodaß die Hauptkette lose wird. Zu Conflans wird pro Centnermeile zu Berg 0,4, zu Thal 0,1 Pfennig Schlepplohn gezahlt. Die Bergfahrt geschieht mit 4 bis 5, die Thalfahrt mit 8 bis 10' Geschwindigkeit. Ein Schiff von 40 Pferdekraft zieht 60000 Ctr. Ladung und kostet ca. 20000 Thlr., ebenso viel kostet 1 Meile Kette.

Kretschmer, über das Blandin'sche Schmiergefäß. — Dasselbe besteht aus einem mit kaltem, nicht flüssigem Olivenöl angefüllten Becher, der einen hohlen, sehr starken und drei nebeneinanderliegende Röhrchen umschließenden Stiel besitzt und mit demselben lose in einem durch den Lagerdeckel und die Schale gebohrten, bis auf den Zapfen reichenden Loche steckt. Durch die Reibung wird das Fett flüssig und gelangt so zum Zapfen, welcher mit einer Füllung mehrere Monate hindurch genügend versorgt ist. Nach einer andern Auffassung soll der Luftdruck die Schmierung bewirken.

**Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.** Jahrg. 1864. Band VIII, Heft 1—4.

Lange, über Dampfpflüge. — Ein ziemlich ausführlicher, sehr interessanter, bei der Hauptversammlung des Vereines zu Braunschweig gehaltener Vortrag über diesen für die Oekonomie so wichtigen Gegenstand nebst Darlegung der im Juli vorigen Jahres auf der Versammlung der Royal Agricultural Society of England zu Worcester abgeführten Versuche. Der Fowler'sche Pflug gab die günstigsten Resultate; übrigens stellte sich heraus, daß die feststehende Maschine mit einer Winde ebenso viel Arbeit verrichtet, als eine sich am Felde hin bewegende Maschine, und daß der kleine Gutsbesitzer nur dann von der Bestellung mit Dampfpflug einen Nutzen ziehen wird, wenn er Letzteren zur Miethe erhalten kann.

Ueber die Dampfkesselheizung mit Abhitze. — Resultate der vom technischen Verein für Eisenhüttenwesen auf 5 verschiedenen Werken veranstalteten Versuche über die Verdampfung der durch Puddelofen-, Schweißofen- oder Hohofengase geheizten Dampfkessel. Die Kessel der Hermannshütte zu Hörde, sogenannte Doppelkessel, welche 11½ bis 23 Quadratfuß Heizfläche pro 1 Quadratfuß Rostfläche besitzen und durch die Abhitze von Schweiß- und Puddelöfen geheizt werden, verdampfen bei 36 bis 37 Pfd. Ueberdruck und Speisewasser von 86,5° C. Wärme stündlich 2,7 bis 4,3 Pfd. Wasser pro Pfund Kohle oder 5 bis 7,2 Pfd. Wasser pro Quadratfuß Heizfläche. Niedriger sind die Resultate zweier durch Abhitze von 1 Puddelofen mit Vorwärmer und 1 Schweißofen geheizten einfachen Cylinderkessel mit 18,7 bis 21mal so großer Heiz- als Rostfläche, indem dieselben bei 37 Pfd. Ueberdruck und Speisung mittelst des Giffard'schen Injectors pro Pfd. Kohle, resp. 2,42 und 1,15, und pro Quadratfuß Heizfläche resp. 5,1 und 1,8 Pfd. Wasser verdampften. 4 Cylinderkessel des Puddel- und Walzwerkes von Cosack & Co. in Hamm mit 13⅓ bis 23mal so großer Heiz- als Rostfläche, welche mit 40 Pfd. Ueberdruck arbeiten und mit Wasser von 48° C. gespeist werden, verdampfen 3,11 bis 3,45 Pfd. Wasser pro Pfd. Kohle oder 4,07 bis 7,1 Pfd. Wasser pro Quadratfuß Heizfläche. Auf dem Puddel- und Walzwerk von Englerth & Cünzer in Eschweiler-Pümpchen bei Aachen wurden zwei durch 1 Schweiß- und 2 Puddelöfen geheizte Siederohrkessel und zwei blos durch 2 Puddelöfen geheizte einfache Cylinderkessel mit 15 bis 18mal so großer Heiz- als Rostfläche probirt, welche mit 20 bis 35 Pfd. Ueberdruck und Speisewasser von 40 bis 77° C. Wärme arbeiteten, und es ergab sich eine Verdampfung von 1,8 bis 3 Pfd. Wasser pro Pfd. Kohle oder von 3,89 bis 7,2 Pfd. Wasser pro Quadratfuß Heizfläche. Auf der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück ergaben zwei durch Cokesöfen geheizte Henschel'sche Kessel eine mittlere stündliche Verdampfung von 5,83 Pfd., ein mit Hohofengasen geheizter Cornwallkessel mit 2 Flammenrohren eine Verdampfung von 3,19 Pfd. (bei directer Heizung mit Steinkohle 5,65 Pfd.), ein mit Hohofengasen geheizter Sioderohrkessel 3,79 Pfd. (bei directer Heizung mit Kohlen 6,17 Pfd.), endlich zwei hintereinander von Hohofengasen bestrichene Cylinderkessel 3,97 Pfd. verdampftes Wasser pro Quadratfuß Heizfläche. Die Differenzen dieser verschiedenen Erfahrungsresultate sind sehr groß und die Gründe dafür meistentheils kaum erkennbar.

Kaiser, über die Dampfmaschinen der Londoner Industrie-Ausstellung vom J. 1862. — Von den verschiedenen Dampfmaschinensystemen waren hauptsächlich nur die Hochdruckmaschinen mit Expansion in einem oder zwei Cylindern und Condensation vertreten; Wegfall des Balanciers und größere Geschwindigkeit, Ueberhandnehmen der sogenannten Zwillingsmaschinen und liegenden Maschinen, sowie der Flächencondensation sind weitere bemerkenswerthe Neuerungen und endlich ist die vorzügliche Ausführung der meisten ausgestellten Maschinen zu rühmen. Selbst die Woolf'schen Maschinen waren mehrfach als liegende und mit horizontalem Luftpumpencylinder gebaut, während die beiden Dampfcylinder neben- oder hinter-, oder sogar ineinander lagen. Von andern Expansionsmaschinen zeichnete sich die Corliß'sche mit 4 Drehschiebern und die Allan'sche mit besonderem Einlaß- und Auslaßschieber, beides Maschinen amerikanischer Erfindung, besonders aus. Merkwürdig war ferner eine amerikanische Doppelmaschine mit oscillirendem Cylinder, dann Lee's Doppelmaschine zum Betrieb von ein Paar doppelt wirkenden Pumpen, und Polignac's Maschine mit gekrümmtem Cylinder. Die transportabeln Maschinen waren meist mit stehendem Cylinder und in der compendiösesten Weise gebaut, während die Locomobilen (namentlich die für landwirthschaftliche Zwecke bestimmten) häufig durch Beigabe eines Fortbewegungsapparates in Straßenlocomotiven übergingen. Die Dampfpumpen sind oft mit Windkesseln am Druck- und am Saugrohr versehen und wie transportable Maschinen gebaut. Von Dampfspritzen waren außerordentlich zweckmäßige Exemplare zu sehen.

(Schluß folgt.)

Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.

# Literatur- und Notizblatt

zu dem zehnten Bande des

# Civilingenieur.

## № 8.

## Literatur.

Lehrbuch der technischen Mechanik von August Ritter, Dr. phil., Lehrer an der polytechnischen Schule zu Hannover. Zweites Heft. Mit 225 Holzschnitten. Hannover. Carl Rümpler. 1864.

Scheint auch der Herr Verf. sein Versprechen, das Lehrbuch der technischen Mechanik im Laufe dieses Jahres zu vollenden, nicht ganz einhalten zu können, so erhalten wir doch hier wieder ein starkes Heft, welches den dritten Abschnitt (die Statik fester Körper) beendigt und von dem vierten Abschnitte oder der Dynamik fester Körper mehrere wichtige Kapitel vorträgt. Recht interessant und ausführlich ist das 13. Kapitel behandelt, dessen Gegenstand die Reibungswiderstände sind, nämlich die Reibung, die schiefe Ebene, das Gleichgewicht eines von zwei festen Ebenen unterstützten Körpers, die Druck- oder Stützlinie u. s. w. Das 14. Kapitel behandelt die Wirkungen der Reibung bei rotirenden Körpern, z. B. Zapfenreibung, wälzende Reibung, Prony's Zaum, Frictionsräder, Riemen-, Ketten- und Seil-Biegungswiderstände u. dergl. Im 15. Kapitel folgen die Wirkungen der Kräfte bei zusammengesetzter drehender und fortschreitender Bewegung, z. B. bei Rollen und Flaschenzügen, Schrauben- und Keilpressen u. s. w. Der vierte Abschnitt oder die Dynamik fester Körper beginnt natürlich zuerst mit der Ableitung des Prinzipes der lebendigen Kraft und des d'Alembert'schen Prinzipes, dann folgt im 17. Kapitel die Lehre von der gleichförmigen Drehung um eine feste Axe (Trägheitsmomente, Centrifugalkraft, freie Axen u. s. w.) und im 18. Kapitel die Lehre von der ungleichförmigen Drehung eines Körpers um eine feste Axe, wobei unter Anderm der Schwungräder und des physikalischen Pendels gedacht wird. Das 19. Kapitel behandelt endlich die Gesetze der zusammengesetzten drehenden und fortschreitenden Bewegung, z. B. der rollenden Bewegung auf einer schiefen Ebene, der beschleunigten Bewegung einer Schraube u. s. w. Bezüglich der Behandlung des Stoffes können wir nur Das, was wir auf S. 33 des vorigen Jahrganges dieser Blätter gesagt haben, wiederholen.

Die Locomobile mit besonderer Rücksicht auf ihren ökonomischen und sichern Betrieb, sowie auf ihre Anwendung in der Landwirthschaft und den ländlichen Gewerben. Zum praktischen Gebrauche für Besitzer und Wärter von Locomobilen, sowie auch für Maschinenbauer, Techniker und öffentliche Behörden. Von Dr. Robert Schmidt, Civil-Ingenieur, Inhaber eines öffentlichen Bureaus und einer Unterrichtsanstalt für die mechanischen Gewerbe in Berlin. Mit 2 lithographirten Tafeln und vielen Holzschnitten. Leipzig. Verlag von Arthur Felix. 1864.

In diesem Buche beabsichtigt der Herr Verf. ohne Zweifel für die Locomobilen etwas Aehnliches zu geben, als Scholl in seinem „Führer des Maschinisten" für die Dampfmaschinen im Allgemeinen geleistet hat. Das Bedürfniß, nach solch einem Buche über Locomobilen hat sich auch anderwärts (in Frankreich) schon früher fühlbar gemacht und die vorliegende Schrift wird gewiß zur Verbreitung der Locomobilen in Deutschland beitragen, da sie deren hohen Werth für die Landwirthschaft und die landwirthschaftlichen Gewerbe in das richtige Licht setzt und die von vielen Seiten wohl noch gehegte Aengstlichkeit bezüglich der Gefährlichkeit dieser Maschinen beseitigt. Ihrer Tendenz nach ist diese Schrift nicht eigentlich für das technische Publicum bestimmt und beschäftigt sich demnach auch weniger mit Details über den Bau der Locomobilen, sollte sie aber wiederholte Auflagen erleben, so wird sie gewiß auch in dieser Beziehung vervollständigt werden. Für den Laien bringt sie zunächst eine klare Belehrung über Maschinen im Allgemeinen und die Dampfmaschinen in's Besondere, sowie über die Eigenschaften und die Wirkungsweise des Dampfes, dann folgt die Beschreibung zweier auf den lithographirten Tafeln dargestellten Locomobilen und ein Abschnitt, wo die wesentlichsten Details dieser Art von Dampfmaschinen genauer durchgegangen wird. Hierauf werden Vorschriften über die Aufstellung, Wartung und Instandhaltung dieser Maschinen ertheilt und zuletzt noch diejenigen Punkte hervorgehoben, auf welche bei der Bestellung einer Locomobile besondere Rücksicht zu nehmen ist. Das Verständniß des jedenfalls ganz zweckmäßig und lehrreich ausgewählten Textes wird durch zahlreiche gute Holzschnitte erleichtert und die Ausstattung des Buches ist eine sehr elegante.

Mittheilungen der Kön. Sächs. Polytechnischen Schule zu Dresden. Heft 1. Versuche über den Kraftbedarf der Maschinen in der Streichgarnspinnerei und Tuchfabrikation, ausgeführt von Dr. Ernst Hartig, Lehrer der mechan. Technologie an der Königl. Polytechn. Schule. Unter Mitwirkung der Polytechniker Arndt, Jüngling, Klien und Künzel. Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner. 1864.

In diesem Hefte begrüßen wir die erste Nummer einer neuen Publication, welche viel Interessantes zu bringen ver-

spricht, indem „die Mittheilungen", wie in der Vorrede dargethan wird, bestimmt sind, solche größere technisch wissenschaftliche Arbeiten, an welchen die polytechnische Schule zu Dresden theils durch die gegebene Anregung, theils durch die Gewährung von Mitteln einen wesentlichen Antheil hat, in zwanglosen Heften zur Veröffentlichung zu bringen. Was den Gegenstand des vorliegenden Heftes anlangt, so kann er als eine Fortsetzung der von Prof. Böttcher im Polyt. Centralbl. Jahrg. 1859 veröffentlichten Versuche über den Kraftbedarf der Baumwollspinnerei-Maschinen angesehen werden, denen der Herr Verf. mit beigewohnt hatte, und ist zugleich die erste größere und zwar glänzend gelungene Probe mit des Herrn Verf. verbessertem Dynamometer, über welches im Polyt. Centralbl. Jahrg. 1857 und 1861 Näheres nachzusehen ist, indem bis jetzt noch kein Dynamometer bekannt ist, mit welchem es möglich wäre, in so kurzer Zeit so zahlreiche Versuche abzuführen. Die hier veröffentlichten Versuche sind mit großer Umsicht und Ausführlichkeit angestellt worden, und der Herr Verf. hat sich nicht damit begnügt, nur den Kraftbedarf der Maschine für den Zustand, in welchem sie vorgefunden wurde, zu ermitteln, sondern dies unter zweckmäßig abgeänderten Lieferungs- und sonstigen Arbeitsverhältnissen wiederholt, Skizzen von den Maschinen und Notizen über die einflußreicheren Dimensionen und Details, Raumbedarf u. dergl. aufgenommen und alle diese Data in der übersichtlichsten Weise tabellarisch geordnet zusammengestellt. Wir erhalten daher hier zuerst eine tabellarische Uebersicht über einige vierzig in Großenhayn abgeführte Kraftmessungsversuche an Streichgarnspinnerei- und Tuchfabrikationsmaschinen, und auf diese folgt eine kurz gefaßte speciellere Beschreibung der Versuche, zu welcher die auf 11 lithographirten Tafeln gegebenen Skizzen der betreffenden Maschinen und davon abgenommenen Diagramme gehören. Die Tabelle giebt außer dem Namen des Erbauers und Besitzers für jede Maschine die normale Umdrehungsgeschwindigkeit, die Arbeitsbreite, sonstige wichtige Dimensionen und Geschwindigkeiten, die Lieferungsmenge in einer Stunde, die Angabe, wie lange die Maschine durchschnittlich in der Stunde in Gang ist, die Betriebskraft beim Leer- und Arbeitsgange, sowie die sich mit Rücksicht auf die Stillstände ergebende durchschnittliche Betriebskraft, endlich Bemerkungen über den Zustand der Maschine, Kraftaufwand in der Transmission u. dergl., es ist somit kein Umstand übersehen, welcher dem Ingenieur für den Entwurf einer Streichgarnspinnereianlage oder Tuchfabrik zu wissen wünschenswerth sein kann, und es müssen diese Versuche als wahre Muster für ähnliche Ermittelungen hingestellt werden.

**Treatise on Mills and Millwork.** Part I. On the Principles of Mechanism and on Prime Movers, comprising the accumulation and estimation of water power; the construction of water wheels and turbines; the properties of steam; the varieties of steam engines and boilers, and windmills. By William Fairbairn, Esq., C. E., L. L. D. F. R. S. F. G. S., corresponding member of the national institute of France and of the Royal academy of Turin, Chevalier of the Legion of Honour; etc. etc. Second Edition. London. Longman, Green, Longman, Roberts & Green. 1864. (Leipzig, bei L. Denicke.)

Der berühmte Verfasser des obigen Werkes ist selbst Erbauer mehrerer großartigen Mühlenanlagen, weshalb dieses Werk, welches in außerordentlich kurzer Zeit bereits die zweite Auflage erlebt hat, wohl auch die Aufmerksamkeit des deutschen Publicums verdient. Im vorliegenden ersten Theile wird ein Ueberblick über die Zwischenmaschinen und Motoren gegeben, welcher zwar keineswegs erschöpfend genannt werden kann, aber wohl geeignet sein dürfte, Laien, oder solchen Praktikern, welche keine technische Anstalt zu besuchen im Stande sind, die zu Beurtheilung und Projectirung einer Mühlenanlage erforderlichen Kenntnisse zu verschaffen. Uebrigens ist dieser erste Theil auch reich an Angaben und Bemerkungen, welche für den eigentlichen Techniker und Maschinenbauer von Werth und Interesse sind. Wir verweisen z. B. auf die Beobachtungen über das Verhältniß zwischen der gefallenen Regenmenge und dem in Wasserläufen abfließenden Wasser, auf den mit guten Detailzeichnungen und ausführlichen Rissen von sehr großartigen Anlagen ausgestatteten Abschnitt über die verticalen Wasserräder und die Turbinen, auf das interessante Capitel über den Dampf und die Dampfkessel, endlich auf die Zeichnungen einiger großen, vom Verf. construirten Dampfmaschinen für Mühlen.

# Referate aus technischen Zeitschriften.

**Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.** Jahrg. 1864. Band VIII, Heft 1—4. (Schluß.)

Dietze, über die Construction, die Ursachen der Explosion und die Nothwendigkeit der Inspection von Dampfkesseln. — Vortrag in der Versammlung des niederrhein. Bezirksvereines zu Sterkerade, zum großen Theil auf W. Fairbairn's Vorträge in Manchester basirt.

Grashof, Bewegung der Luft in einem Canale, dessen Wand die Wärme nicht leitet. — Anwendungen der im vorigen Bande vorgetragenen Theorie der Bewegung der Gase in Röhren und Canälen, zunächst auf eine Gebläsewindleitung und ein Kolbengebläse mit Klappen oder Schiebern.

May, über Bentall's Dynamometer. — Solch ein Dynamometer, welches zur Ermittelung des Kraftaufwandes rotirender Maschinen bestimmt ist, kostet 50 Pfd. Sterl., ein ähnlich gebautes Dynamometer für landwirthschaftliche Maschinen 35 Pfd. Sterl. Der Hauptsache nach besteht es aus einer durch die Arbeitsmaschine getriebenen horizontalen Welle mit einem festgekeilten Hebel am Ende und einer durch die Kraftmaschine getriebenen Riemenscheibe, welche mit ersterem nur durch ein Paar Spiralfedern gekuppelt ist und lose auf der Welle reitet. Die Ausdehnung der Spiralfeder, welche durch Zahnräder und Zeiger notirt wird, giebt die Kraft, welche ausgeübt werden muß, um die Welle der Arbeitsmaschine mitzunehmen, und zur Aufmerkung der Umdrehungen der letzteren Welle dient ein zweiter Zählapparat. Für die Bestimmung der Zugkraft ist der Federapparat auf einem zwischen das Zugthier und den Pflug u. s. w. einzuschaltenden

leichten Wagen gelagert, welcher auch die Papiertrommel zur Verzeichnung der Diagramme trägt.

Blandin's Schmierbüchse. — Zu der in d. Bl. bereits gegebenen Beschreibung (S. 87) fügen wir hier noch hinzu, daß diese durch Gebr. Hencken & Comp. in Aachen oder Kirchhoff in Berlin (Leipziger Str. 60) zu beziehenden Schmierbüchsen bei

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 6 | 10 | 12 | 16 | 20 | 24 | Cent. Zapfenstärke |
| 14 | 20 | 32 | 40 | 64 | 80 | 96 | Sgr. |

kosten und das Schmiermaterial ca. 37 Thlr. pro Centner zu stehen kommt.

Ueber Condensationstöpfe bei Dampfleitungen. — Bei Anwendung dieser Töpfe wird der Dampf zu einem stagnirenden Medium, sodaß die Wände der Leitungen fortwährend stark mit Wasser beschlagen sind und die Wärme weniger gut durchlassen, als wenn der Dampf lebhaft durch die Röhren hindurchstreicht und das Condensationswasser mit sich reißt.

Werner, Stangenzirkel. — Dieser einfache Apparat besteht aus zwei in $^3/_{16}$ Zoll Abstand voneinander zusammengeleimten, $^{15}/_{32}$" hohen und $^5/_{32}$" starken Stäben von zähem Holz, zwischen denen die gewöhnliche Handfeder, jeder Bleistift u. dergl. mittelst zweier übergeschobener Ringe aus Messingblech eingeklemmt wird, während das zusammengeleimte Ende eine feste eiserne Spitze trägt.

Penn's Stopfbüchse ohne Packung — besteht aus einer ziemlich langen, die Kolbenstange dicht umschließenden Büchse mit mehreren eingedrehten ringförmigen Nuthen, sodaß ihr Abdichten durch die Spannungsverluste des Dampfes aus einem Ringe in den andern und durch das Vorhandensein niedergeschlagenen Wassers erklärt wird.

Werner, Theorie des Differentialflaschenzuges. — Bezeichnet Q die Last, P die Kraft, R den Radius der größeren, r denjenigen der kleineren oberen Rolle und $\alpha$ einen von der Steifigkeit der Kette abhängigen Widerstandscoefficienten, so ist beim Differentialflaschenzuge

$$Q = \frac{P R \alpha}{R - r \alpha^2}(1 + \alpha)$$

und, da $\alpha$ höchstens $= 0{,}95$ beträgt, so folgt

$$Q = \frac{1{,}85 R}{R - 0{,}9 r} P,$$

also wenn $\frac{r}{R} = \frac{11}{12}$ ist, $Q = 10{,}6 P$, während ohne Rücksicht auf Steifigkeit $Q_0 = 2\frac{PR}{R - r} = 24$ gefunden wird. Soll der Flaschenzug bei daran hängender Last in Ruhe bleiben, so muß $\alpha^2$ gleich oder kleiner als $\frac{r}{R}$ sein, und wenn $\alpha = 0{,}95$ ist, so folgt $\frac{r}{R}$ gleich oder größer als $^9/_{10}$.

Endenthum, Vorrichtung zum Trocknen des Dampfes. — Auf den englischen Kanonenböten ist zu diesem Behufe im Dampfraume zu oberst ein spiralförmig zusammengebogenes Rohr angebracht, durch dessen Schlitz der Dampf eintritt, um dann bei seiner wirbelnden Bewegung durch das Rohr das mitgerissene Wasser abzusetzen, welches an den Enden des Rohres abfließt.

Werner, über die horizontale Woolf'sche Maschine von Carrett, Marshall & Comp. in Leeds. — Die beiden Dampfcylinder liegen nebeneinander und ihre Kurbeln sind um 185° verstellt. Die beiden Dampfcanäle sind kurz und winklig gegeneinander gestoßen und über ihrem Stoße liegt der Schieber. Die Luftpumpe ist doppelt wirkend.

Klotzbach, über die horizontale Woolf'sche Maschine von W. May & Comp. in Birmingham. — Bei derselben sind die Kurbeln um 90° verwendet, der aus dem kleinen Cylinder austretende Dampf kann also nicht direct in den großen Cylinder übergehen, sondern expandirt (natürlich mit Arbeitsverlust) in einem dazwischen liegenden Reservoir. Die Condensation erfolgt in einem Flächencondensator mit trockner Luftpumpe.

Papps, über die Projecte einer unterseeischen Eisenbahn zwischen Dover und Calais. — Als das noch am ehesten ausführbare Project wird das Project von J. Chalmers bezeichnet, wonach ein aus starkem Eisenblech mit besonderen Versteifungen hergestelltes kreisrundes Rohr in die stille Tiefe des Canals versenkt, durch Anker, Steinkästen und Beschüttung mit Steinen am Boden festgehalten, und an den Enden durch Tunnels mit der Oberfläche verbunden werden soll. 3 Ventilatoren, welche mit 200 bis 300 Fuß hohen Thürmen in Verbindung stehen, sollen gesunde Luft in diesem Rohre erzeugen und der ganze Bau in 3 Jahren mit einem Kostenaufwande von 80 Mill. Thalern hergestellt werden.

Ueber Straßenlocomotiven. — Nach Prof. Beylich paßt Boydell's System mit endloser Eisenbahn am besten für unebene und weiche Straßen, alle andern verlangen gute Straßen. Die Straßenlocomotive von Tuxford & Sohn, welche zum Gütertransport besonders geeignet erscheint, kostet bei 20 bis 25 Tons Zugkraft (bei 3 bis 4 Meilen Geschwindigkeit) 450 Pfd. Sterl. Prof. Rühlmann, welcher den Versuchen auf der Hamburger landwirthschaftlichen Ausstellung beigewohnt hat, spricht sich dagegen dahin aus, daß die gewaltigen erschütternden Bewegungen sehr zerstörend auf die Maschinen wirken müßten, und daß ihre Zukunft äußerst zweifelhaft erscheine, weil sie auch (mit Ausnahme der Boydell'schen Maschinen) die Straßen stark beschädigten. Die von der Gesellschaft Weichselthal bei Bromberg zum Transport von Braunkohlen bezogene Maschine von Aveling & Porter in Rochester bestätigt letztere Ansichten, indem dabei der Transport theurer zu stehen kommt, als mit Pferden, und die günstigen Berichte amerikanischer Blätter sind nicht geeignet, eine bessere Meinung dafür zu erwecken. Besonders schwierig dürfte die Verwendung für unsere Gegenden sein, wo bald Koth zwischen das Räderwerk kommen, bald Frost die Räder zum Gleiten bringen würde.

Teichmann's Vorrichtung zur Umwandlung der rotirenden Bewegung in eine geradlinige — erfüllt die vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen gestellten Bedingungen, daß sich die Länge des Hubes beliebig verändern und die Bewegung beim Rückgange mit doppelter Geschwindigkeit vollziehen lassen soll, ferner daß der Uebergang vom Vor- zum Rückgange allmälig erfolgen, der übrige Weg aber mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt werden soll, endlich daß sie auch für schwere Maschinen anwendbar sein soll, in dem Grade, daß sie mit dem Preise gekrönt worden ist. Sie besteht in einer Verbesserung der häufig bei

Hobelmaschinen angewendeten Construction, bei welcher der Schlitten mittelst einer Zahnstange bewegt wird, indem Herr Teichmann zwischen den Schlitten und die Zahnstange einen an der Letzteren befestigten und in Schlitze am Schlitten eingreifenden Knaggen einschaltet.

Dampfmaschinen in Preußen. — Nach amtlichen Aufnahmen waren im J. 1862 in Preußen 8653 Dampfmaschinen mit 365707 Pferdekräften Leistung vorhanden.

Dittmar, Festigkeit der Asphaltrohre. — Bei einem Versuche mit einem ca. 7' langen, 4" weiten und in der Wand ½" starken Rohre aus Asphaltmasse aus der Fabrik von Büsscher & Hoffmann in Neustadt-Eberswalde erfolgte der Bruch bei 11 Atmosphären Pressung. Ein Rohr aus gegossener Asphaltmasse von Seeger & Müller in Stuttgart von 3" Weite und 1" Wandstärke sprang erst bei 23 Atmosphären.

Grashof, Fundamentalformeln zur Theorie der Dampfmaschinen. — Entlehnt aus dem Vorworte zu „Völckers, der Indicator", auf welches wir bereits auf S. 66 des vorigen Jahrg. d. Bl. aufmerksam gemacht haben.

Versuche über die Festigkeit verschiedener Eisenbahnschienen. — Es werden die Resultate von Biegungs- und Festigkeitsversuchen an zwölf durch genaue Profilzeichnungen (mit Andeutung der Structur) näher dargestellten Eisenbahnschienen angeführt. Die Elasticitätsgrenze, d. h. diejenige Belastung pro Quadratzoll, bei welcher eine bleibende Durchbiegung von $^1/_{2000}$ Zoll zurückblieb, trat bei 187 bis 223 Centnern ein, der Bruch bei 3 bis 14 Zoll Durchbiegung, wenn die Schienen auf 3 Fuß Länge frei lagen und auf den Fuß gedrückt wurden.

Girard's Entlastung der Zapfen durch hydraulischen Druck. — Girard brachte bei zwei Turbinen mit 50 Met. Gefälle zur Verminderung des Zapfendruckes ein Paar Scheiben von 0,3 Met. Durchmesser an, wovon die eine an der Welle, die andere als Spur am Boden des Abflußgerinnes befestigt war, und zwischen welche durch ein mit dem Zuflußrohr der Turbinen verbundenes Rohr Wasser eingeleitet wurde. Indem dieses die obere Scheibe anhob und durch kleinere Abtheilungen vom inneren nach dem äußeren Umfange des ringförmigen Ansatzes wieder abfloß, hob es die Berührung der Scheiben auf und verminderte die Reibung bedeutend. Bei einem 300 Kil. schweren Wasserrade mit Zapfen von 15 Cent. Durchmesser, welches bei guter Oelung einen Reibungswiderstand von 0,1 des Gewichtes zeigte, wurde durch die neue Entlastung die Reibung auf 0,001 vermindert, wenn der Druck der Wassersäule 7,5 Met. betrug. Wasserverbrauch $^1/_8$ Liter pro Secunde.

Werner, graphische Darstellung des Gleichförmigkeitsgrades bei Pumpen. — Ein Diagramm, welches (unter Annahme einer unendlich langen Kolbenstange) für jede Kurbelstellung die in einem Zeitelement geförderte Wassermenge angiebt, wird erhalten, wenn man zu dem die beiden todten Punkte des Kurbelkreises verbindenden Durchmesser eine Normale zieht und auf derselben mit dem Kurbelradius einen den ersten Durchmesser tangirenden Kreis beschreibt. Dieser Kreis schneidet nämlich von dem einer beliebigen Kurbelstellung entsprechenden Radius ein Stück ab, welches der gesuchten Wassermenge proportional ist. Unsere Quelle zeigt die Anwendung dieses Diagrammes auf verschiedene Fälle. Hiernach ist der Ungleichförmigkeitsgrad bei einer einfach wirkenden Pumpe = 3,14, bei zwei einfach wirkenden Pumpen mit entgegengesetzten Kurbeln = 1,57, bei drei einfach wirkenden Pumpen mit gleichförmig im Kreise vertheilten Kurbeln = 0,139 und bei zwei doppelt wirkenden Pumpen mit um 90° verstellten Kurbeln = 0,229.

Bertram, Schönemann's Horizontaldynamometer. — Theorie dieses ohne Zeichnung nicht deutlich zu machenden Instrumentes, über welches man Ausführlicheres in der Schrift: „Th. Schönemann, das Horizontaldynamometer und seine Anwendung auf die Mechanik. Nebst Ableitung eines neuen Prinzips für den Ausfluß tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten. Berlin. Otto Müller. 1864" findet, und welches zur Demonstration gewisser Principien der Mechanik (Stoß und Reaction des Wassers u. dergl.), sowie als ballistisches Pendel, als Reibungswaage u. dergl. benutzt werden kann.

Schott, über das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem. — Eine Hauptursache zu dieser Erscheinung scheint das Krystallisationsbestreben des Gußeisens zu sein. Vermöge desselben dehnt es sich nach dem Ausgießen in eine Form stark aus und liefert scharfe Abgüsse, wird also in einem besondern Stadium des flüssigen Zustandes die größte Dichtigkeit besitzen und dagegen bei abnehmender Temperatur ein größeres Volumen einnehmen, als vorher, d. h. specifisch leichter sein. Auf strahlend weißem flüssigem Eisen schwimmt daher kaltes, sinkt aber ein und unter auf erkaltendem, röthlich erscheinendem flüssigem Eisen.

Lunge, Versuche mit der Waltjen'schen Reibungswaage. — Diese mit möglichster Vorsicht angestellten Versuche zeigen ein Wachsen der Reibung mit zunehmender Geschwindigkeit und wesentliche Verschiedenheiten in den Reibungscoefficienten für verschiedene Schmiermittel. Den geringsten Coefficienten (0,01 bis 0,015) gab das chemische Maschinenöl, dann folgt Spermöl (0,014 bis 0,038), Puglieser Baumöl (0,017 bis 0,061) und Roinoniaöl (0,024 bis 0,076), endlich die Blandin'sche Schmiere (0,098 bis 0,108), welche allerdings für geringen Druck nicht bestimmt zu sein scheint und sich übrigens in der Praxis ausgezeichnet bewährt. Eine zweite Versuchsreihe ergab für Rüböl den Coefficienten 0,011 bis 0,078, für Aachener Spindelöl 0,014 bis 0,083, für ein anders käufliches Maschinenöl 0,011 bis 0,06.

Fink's Turbinen — gehören zu den von außen beaufschlagten Turbinen und sind dergestalt mit verstellbaren Leitschaufeln versehen, daß sich sämmtliche Zellen gleichzeitig um gleichviel schließen. Der Spurzapfen ist durch den Aufdruck des Wassers gegen den Deckel des Rades entlastet. Der Wirkungsgrad soll über 0,8 sein und bei 12 Umdrehungen mehr oder weniger gegen die vortheilhafteste Geschwindigkeit nur um 2 Procent differiren. Der höchste Nutzeffect tritt bei einem mittleren Wasserverbrauche ein und variirt bei Vermehrung oder Verminderung desselben um ⅓ blos um ca. 8 Procent.

Maschine zur Fabrikation von Schraubenmuttern. — Die hier abgebildete und beschriebene Maschine, welche in einem Tage 150 Stück ¾ zöllige Muttern schneidet, wird von Hamann in Berlin und von Zimmermann in Chemnitz gebaut.

Preßpumpen mit selbstthätiger Ausrückung. — Die Fischer'sche Ausrückung, bei welcher durch den gehobenen Hebel des Sicherheitsventiles eine excentrische Scheibe zum Umschlagen gebracht und dem gepumpten Wasser ein freier Austritt eröffnet wird, hat den Uebelstand, daß mit diesem Moment das eigentliche Pressen aufhört. Der Stoff soll aber während einer gewissen Zeit dem höchsten zulässigen Drucke ausgesetzt bleiben und dies wird durch die hier abgebildete und beschriebene Einrichtung erzielt, bei welcher ein in das Druckrohr eingeschalteter und nach dem höchsten Drucke belasteter Regulatorkolben beim Steigen die Pumpe ausrückt, beim hierauf folgenden Fallen aber der Presse soviel Wasser zurückt, als das Preßgut nachher noch Flüssigkeit abgiebt, und endlich die Pumpe von Neuem wieder einrückt.

Brunhuber's Wasserstandszeiger mit selbstthätigem Abschluß. — Am Kessel ist mittelst zweier Stutzen ein unten durch einen Boden, oben durch eine Stopfbüchse geschlossenes gußeisernes Gefäß befestigt, in welchem ein Schwimmer spielt. In die Stopfbüchse ist ein oben geschlossenes Glasrohr eingesetzt, in welchem man die Stange des Schwimmers spielen sieht; diese Stange trägt aber ein Kegelventil, welches beim Springen des Glasrohres dessen untere Mündung verschließt, also den Austritt von Dampf und kochendem Wasser verhindert.

Volkmar's Schub- und Kuppelstangenkopf. — Die Schub- und Kuppelstangenköpfe der Locomotiven brechen oft im Keilloch, weil überhaupt alle plötzlichen Querschnittsveränderungen und scharfen Ecken gern Anlaß zu Brüchen werden. Herr Volkmar in Zürich wendet daher zwei den Schubstangenkopf umfassende, an den Enden durch runde Einlagen verbundene Keile an, welche in eingehobelten Bahnen liegen, wofür man wohl noch besser einen gabelförmigen Keil nehmen könnte.

Metalllegirung für Hähne von Viganranx. — Zum Hahnkörper wird eine Legirung von 785 Th. Zinn, 145 Th. Antimon und 20 Th. Nickel, zum Zapfen (eigentlich nur zum Ueberzug für einen aus weniger sprödem Metall bestehenden Kern) eine Mischung aus 751 Zinn, 215 Antimon und 70 Nickel empfohlen.

**Allgemeine Bauzeitung.** XXIX. Jahrg. 1864. 1. bis 6. Heft.

Das k. k. Artillerie-Arsenal zu Wien. — Beschreibung des von den Architekten Förster, Hansen, van der Nüll, Rösner und von Siccardsburg gebauten großartigen, ein Rechteck von 363 Klftrn. Länge und 253 Kl. Breite einschließenden Etablissements mit 15 Tafeln Zeichnungen.

Luftheizungsapparat von Boll. — Ein zimmerofenähnlicher gußeiserner Apparat, bei welchem die zu erhitzende Luft in gleicher Richtung wie die Verbrennungsgase geführt ist und sich an den Rauchröhren erhitzt.

Continuirlicher Ziegelbrennofen von Müller und Gilardoni zu Mühlhausen. — Flüchtige und unvollkommene Beschreibung eines neuen Arrangements von Brennöfen mit continuirlichem Betriebe, welches jedenfalls den Hoffmann- und Licht'schen Oefen nachstehen dürfte.

Filtrirapparate von Cannoniéat in Marseille. — Die dargestellten Apparate sind zum Filtriren des Wassers für Casernenbrunnen, Hospitäler u. dergl. bestimmt und sollen bei 0,5 Met. Breite und 0,75 Met. Länge stündlich 750 Liter filtrirtes Wasser liefern.

Conservirung der Hölzer durch Ankohlen nach de Lapparent. — Nach de Lapparent sollen die Hölzer oberflächlich angekohlt werden, wozu ein mit Leuchtgas gespeistes Blasrohr, welches von einem Luftzuführungsrohre umgeben ist, verwendet wird. Es bildet sich eine verkohlte Decke, welche die darunter liegende, das Creosot enthaltende bräunliche Lage gegen die Angriffe der Insecten u. s. w. schützt. Man braucht pro Quadratmeter Oberfläche 150 bis 200 Liter Gas und 0,1 Stunde Arbeitszeit, sodaß die Präparation einer Eisenbahnschwelle etwa 0,3 Francs kosten würde.

Hatzel, Construction der Dachgespärre mit Sprengwerken. — Ausführliche und instructive Untersuchungen über diesen Gegenstand.

Eiserne Brücken in der Stadt Brest und auf den französischen Nordbahnen. — Specielle Beschreibung der in diesen Blättern schon mehrfach erwähnten Drehbrücke über den Penfeld zu Brest (d. Bl. Band VIII, Seite 30), der Drehbrücke und festen Brücke über die Somme zu Abbeville (Civilingenieur, Bd. VI, S. 59), endlich der gußeisernen Bogenbrücke über den Canal von Saint Denis (Civilingenieur, Bd. VI, S. 67).

Molinos und Pronnier, Eisenbahn von Lyon nach la Croix Rousse. — Ueber diese interessante Bahn finden sich ausführliche Mittheilungen und Abbildungen im VIII. Bande des Civilingenieur, S. 307 flgd.

Wasserkrahne und Reservoirs zur Locomotivspeisung von Neustadt und Bonnefond. — Drei Blatt Zeichnungen mit den neueren Constructionen dieser Apparate auf französischen Wasserstationen, die jedoch für unser Clima nicht ohne Weiteres anwendbar sein dürften.

Bachelier's Signalscheibe für Eisenbahnen. — Vor den vier Oeffnungen der Scheibe sind linsenförmige Gläser, wie bei Leuchtthürmen angebracht, welche weiter leuchten, als die gewöhnlichen parabolischen Reflectoren. Die Säule ist in ähnlicher Weise wie die Krahnsäulen aufgestellt und wird mittelst einer um den Fuß gelegten Kette gedreht.

Caland, Untersuchungen über die Wirkung der Ebbe und Fluth in dem maritimen Theil der Flüsse. — Diese Abhandlung bezieht sich hauptsächlich auf die Verhältnisse in den Niederlanden.

Girard, Theorie der Benutzung der lebendigen Kraft des Wassers für industrielle Zwecke und Beschreibung einiger neuen Motoren. — Das von dem Autor aufgestellte Prinzip „der freien Abweichung mit geformtem Strahl" ist (möglicherweise auch blos in Folge unklarer Uebersetzung) nicht zu verstehen und die auf drei Tafeln gegebenen Darstellungen der neuen Motoren lassen nur errathen, daß die von Girard erfundenen neuen Turbinen eine Art Partialturbinen sind. Die Wirkungsgrade haben zwischen 60 und 76% geschwankt. Hoffentlich werden bald deutlichere Zeichnungen und Beschreibungen veröffentlicht werden.

Anwendung der Gasmaschinen beim Bauen. — Man wendet in Paris die Lenoir'sche Gasmaschine mit Vortheil zum Heben der Baumaterialien an. Ein Apparat von

2 Pferdekräften kostet 100 Francs Miethe pro Monat, die Aufstellung 200 Francs, die Speisung mit Gas 3 Francs pro Tag, die Unterhaltung der galvanischen Säule 15 Centimes und die Wartung höchstens 3,25 Francs. Die Kosten pro Cubikmeter gehobenes Material belaufen sich auf 0,75 Fr.

Künstliche Steine mit Gypsmasse. — Eine sehr feste und leichte, aber keine Nässe und große Hitze vertragende Mischung besteht aus Gyps, Alaun und Hammerschlag; im Innern der Gebäude sind auch Steine aus Gyps mit etwas Kalk, Alaun und Leim anwendbar. Aus dem Gypsschutt alter Gebäude bildet man mit Gypsmörtel wieder theils massive, theils hohle Fliese zum Aussetzen der Scheidewände, wozu auch Ziegel von Gyps mit Falz und Nuthe aus $1/3$ Gyps und $2/3$ Ziegelmehl gefertigt werden. Endlich macht man noch hohle Töpfe aus Gyps zur Ausfüllung eiserner Fußböden, welche billiger sind, als die hölzernen.

Firket's blecherne Schornsteine mit Mantel — bestehen aus zwei ineinander steckenden Blechschornsteinen, deren Zwischenraum mit Sand oder Lehm ausgefüllt wird, oder leer bleibt, dann aber verschiedene Querverstrebungen erhält.

Unterhaltungsaufwand der Dampffeuerspritzen. — Zu Manchester in Nordamerika kostet die Unterhaltung einer von 14 Mann und 2 Pferden (stets präsent) bedienten Dampfspritze jährlich 4615 Frcs., ohne Pferde 2600 Frcs., während eine Handspritze bei 50 Mann Bedienung 5271 Frcs. Kosten verursacht. In Boston kostet die Dampfspritze (7 Mann Bedienung und 2 Pferde) 14728, die Handspritze (40 Mann) 22439 Francs an jährlichem Unterhaltungsaufwand.

Poumarède, die Sicherung der Stadt Mexico gegen Ueberschwemmungen. —

Camine von Mousseron & Co. in Paris. — Bei diesen immer häufiger zur Anwendung kommenden Caminen ist der gußeiserne nischenförmige Feuerraum von einer concentrischen Wärmekammer umgeben, welche mit dem Zimmer durch Ein- und Auslaßöffnungen in Verbindung gesetzt ist. Ferner ist zur Verhütung des Rauchens beim Anzünden die Einrichtung getroffen, daß außer der Rauchabzugsöffnung im Gewölbe in der Höhe des Rostes eine Oeffnung angebracht und durch zwei Canäle auf der Rückseite des Feuerraumes mit der Esse verbunden ist, durch welche der Rauch abzieht, so lange der Apparat noch nicht heiß ist.

Sprengung des Löwenfelsens im Hafen von Bastia. — Die Gewinnung des Felsens kostete, soweit er über dem Meeresspiegel lag, 8 Francs, der darunter liegende 30,72 Francs pro Cubikmeter. Im Ganzen wurden 3988 Cub.-Met. Fels in 27 Monaten mit 14850 Kil. Pulver und mit einem Totalaufwande von 104743,57 Francs beseitigt.

Große gewalzte Gegenstände der Hüttenwerke zu Rive de Gier und Saint Chamond. — Man walzt dort Blechplatten von 6 bis 7 Met. Länge, 0,8 bis 1 Met. Breite und 15 bis 20 Mill. Stärke, neuerdings wurden sogar Platten zu einem großen Balancier hergestellt, welche 7,61 Met. lang, 1,95 Met. breit und 60 (?) Mill. stark waren, und zwar zu dem Preise von 0,75 Fr. pro Kilogramm.

**Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover.** Jahrg. 1864. Bd. X. Heft 1.

Rühlmann, über Sicherheitsventile. — Darlegung der gegenwärtigen Kenntnisse über die Leistung der Sicherheitsventile, wonach es nöthig erscheint, daß nicht blos über die Größe der Ventile, sondern auch über die Größe ihres Hubes (also überhaupt über die Größe der Durchflußöffnung des Dampfes) gesetzliche Bestimmungen ertheilt werden möchten, weil die gewöhnlichen Ventile sich lange nicht genügend öffnen und eine zuverlässig vollkommenere Construction noch nicht aufgefunden ist.

Hagen, über die Cornischen Dampfkünste. — Bei den Wasserhaltungsdampfmaschinen auf den Cornwaller Gruben, welche immer mit starker Expansion (bis zu $1/10$) und Condensation arbeiten, soll mit 2 bis 4 Pfd. Kohlen 1 Pferdekraft geleistet werden, während die ebenso gebauten Westphälischen Dampfkünste 8 bis 10 Pfd. Kohlen pro Stunde und Pferdekraft brauchen, was jedoch von anderer Seite in Zweifel gezogen wird, weil die Leistungsbestimmung eine unsichere sei. (Jedenfalls übertreffen die Leistungen der englischen Dampfkünste die unsrigen bedeutend und es wäre eine verdienstliche Aufgabe, den Grund dieses Verhältnisses aufzufinden. Sehr nachahmenswerth ist die in Cornwall übliche gute Verpackung und intelligente Wartung von Kesseln und Maschinen, die angewendete große Heizfläche und langsame Verbrennung, endlich die starke Expansion und vorzügliche Condensation.)

Schröder, der Weserbahnhof in Bremen. — Diese schöne Anlage ist durch vier Tafeln Zeichnungen erläutert.

Unger, über die Lenkbarkeit längerer Wagenzüge auf gewöhnlichen Straßen. — Sind mehrere Wagen so hintereinandergereiht, daß die Deichsel des zweiten Wagens in der Mitte der Hinteraxe des ersten oder vordersten Wagens und so fort eingehakt ist, und bewegt man einen solchen Zug in einem Kreise, so dreht sich jedes hintere Axenpaar um einen kleinen Winkel und die hinteren Wagen laufen immer mehr nach dem Mittelpunkte der Bahn hin. Die Arnoux'schen Parallelogramme (siehe Civilingenieur, Bd. VI) bewirken eine solche Stellung der Vorderaxe zwischen Deichsel und Langbaum, daß die Mitten sämmtlicher Vorderaxen in demselben Kreisbogen liegen und die Axen sämmtlich radial zu stehen kommen, verursachen aber durch die Verschiebung der Muffe auf den Axen eine große Reibung. Man kann denselben Zweck erreichen, wenn man durch die Mitte der Vorderaxe eine stehende Welle mit zwei conischen Rädern, welche in ein an der Axe lose sitzendes conisches Rad eingreifen, steckt und an dem einen dieser Räder die Deichsel, an dem andern den Langbaum befestigt; auch lassen sich statt der conischen Räder Kettenscheiben verwenden. Diese Mittel geben aber nur eine befriedigende Lenkbarkeit in kreisförmiger Bahn; sollen auch noch andere Curven eben so sicher durchlaufen werden, so muß auch die Hinteraxe um einen Zapfen am Langbaum drehbar gemacht und durch einen Mechanismus genöthigt werden, sich um einen ebenso großen Winkel nach der andern Seite zu drehen, als die Vorderaxe, wozu hier ebenfalls Vorschläge gethan werden.

Bolenius, der Bahnhof bei Emden. — Interessante geschichtliche und statistische Notizen nebst allgemeiner

Beschreibnng dieses schönen Bahnhofes mit Hafenanlagen und steuerfreier Niederlage.

Kennard's Baggerapparat — besteht aus einem blechernen Gefäße, welches am Boden ein kurzes, aber innen fast bis an den Deckel reichendes Rohr und im Deckel ein Paar nach außen aufschlagende Ventile und einen Cylinder mit schwerem Kolben besitzt. Letzterer, welcher mittelst einer Kette angehoben wird, saugt Sand und Wasser in den Cylinder, verdrängt aber beim Niedergange das Wasser wieder durch die Ventile, während der Sand liegen bleibt und zuletzt mit dem Gefäße herausgeholt wird.

Canal von Urgel. — Ein mit 230 Kunstbauten versehener, 144 Kilometer langer Canal, welcher zur Bewässerung der Sagreebene in Spanien gebaut worden ist.

Castellvi's selbstthätige Eisenbahnbremse. — Auf der Saragoza-Barcelonabahn wurden mit einer neuen Bremse längere Zeit Versuche angestellt, welche zeigten, daß der Zugführer damit selbst auf Gefällen von 1:50 und bei 60 Kilom. Geschwindigkeit pro Stunde den Zug vollständig regieren und sogar anhalten kann. Diese Bremse besteht aus einem kurzen Dampfcylinder auf dem Kessel, dessen Kolben durch Hebel gleichzeitig alle Bremse andrückt. Zunächst wird die Maschine gebremst, dann stoßen die Wagen dagegen und in diesem Maaße kommt auch die selbstthätige Bremse an den Wagen zur Wirkung, doch ist eine Vorrichtung angebracht, welche diese Wirkung erst bei einer gewissen Geschwindigkeit eintreten läßt, damit nicht etwa schon beim Zurückschieben u. dergl. ein Bremsen eintreten kann.

Die Dauer des Gußeisens in Seewasser — ist eine ebenso große, als in der Luft, wenn es stets unter Wasser bleibt. Man hat z. B. die Pfeiler des Lowestofthafens nach 28 Jahren ganz unversehrt gefunden.

Einführung des Decimalsystems für Maaß und Gewicht in England. — Ein im vorigen Jahre von den Parlamentsmitgliedern Ewart, Adderley, Cobden und Finlay eingebrachter, jedoch bereits vor der 2. Lesung zurückgezogener Gesetzentwurf schlug als Längeneinheit das Metermaaß = 39,03779 Zoll engl., als Einheit des Flächenmaaßes das Quadratmeter und die Hektare, als Einheit des Körpermaaßes das Liter, endlich als Gewichtseinheit das halbe Kilogramm oder Neupfund vor.

Airy's Ansichten über Kesselexplosionen. — Nach einem Vortrage des englischen Astronomer royal können die Explosionen durch die Wirkungen des eigentlichen Dampfvorrathes im Kessel nicht befriedigend erklärt werden, sondern beruhen auf dem Uebergange eines großen Theiles des Wassers in Dampf von abnehmender Spannung. Bei einem 22 Cubf. Wasser haltenden Kessel mit Dampf von 60 Pfd. Druck vermindert sich nach Entfernung des Feuers und Eröffnung des Dampfaustritts die Wassermenge um $2^3/_4$ Cubf., bis der Druck auf 0 herabgesunken ist. Uebrigens wirkt 1 Cubf. Wasser bei der Explosion so zerstörend wie 1 Pfd. Pulver.

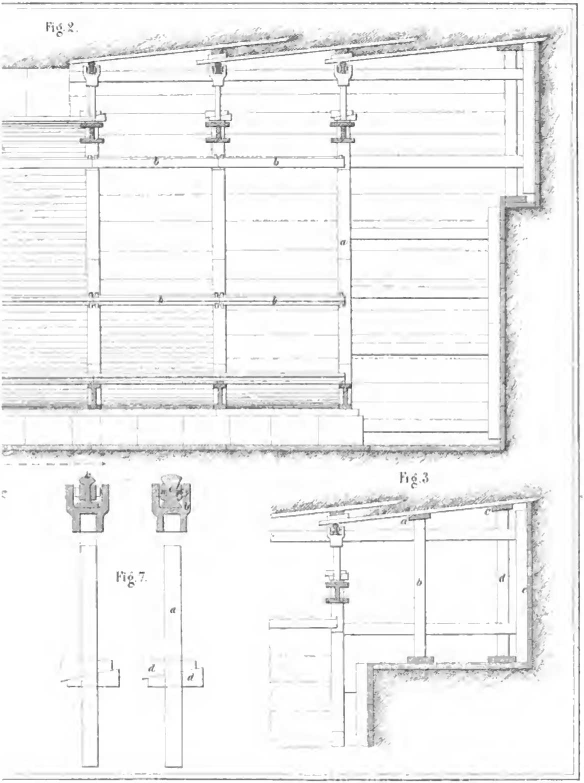
Optische Telegraphen (Semaphoren) an der französischen Küste. — Diese etwa 10 Met. hohen Masten tragen 3 fächerförmige Flügel, welche den Schiffen auf 10 Kilom. Entfernung sichtbar sind. Die Schiffe antworten durch drei Flaggen, eine vier-, eine dreieckige und eine runde, und durch Combination lassen sich 10000 Zeichen geben.

Ransome's künstlicher Sandstein — besteht aus pulverisirtem Sand und Kalk, welche mit kieselsaurem Natron zu einem steifen Brei angemacht, dann geformt und hierauf in Chlorkalk getaucht werden. Die künstlichen Sandsteine sollen die natürlichen an Festigkeit bedeutend übertreffen, auch der Atmosphäre und dem Seewasser besser widerstehen.

Eiserne Bahnschwellen — von sehr einfacher Form sind auf der Kohlenbahn der Couillethütte bei Charleroi angewendet. Sie sind 0,178 Met. breit und ⊥förmig im Querschnitt, $2^1/_2$ Met. lang und 143 Kil. schwer, liegen 1,02 Met. auseinander (von Mitte zu Mitte) und tragen mittelst zwischengelegter Eichenklötze breitbasige Schienen von 37,5 Kil. Gewicht pro Meter. Die Maschinen sind vierrädrig und auf der Vorderaxe mit 11, auf der Hinteraxe mit 9 Tons belastet.

Dampfkesselversicherung in England. — Bei der Steam-boiler Assurance Company wurden im J. 1863 2226 Stück Kessel angemeldet und bis auf 145 aufgenommen. Von 18576 untersuchten Kesseln zeigten 354 Stück Brüche von Platten und Winkeleisen, 571 zerfressene Platten, 381 überlastete oder defecte Sicherheitsventile, 251 mangelhafte Manometer und 326 mangelhafte Wasserstandszeiger. Die meisten Unfälle sind zu niedrigem Wasserstande wegen Unaufmerksamkeit der Heizer und schlechtem Kesselblech zuzuschreiben; auch schlechte kalkhaltige Speisewasser, welche Kesselstein angesetzt hatten, waren Ursache zu einigen Unfällen.

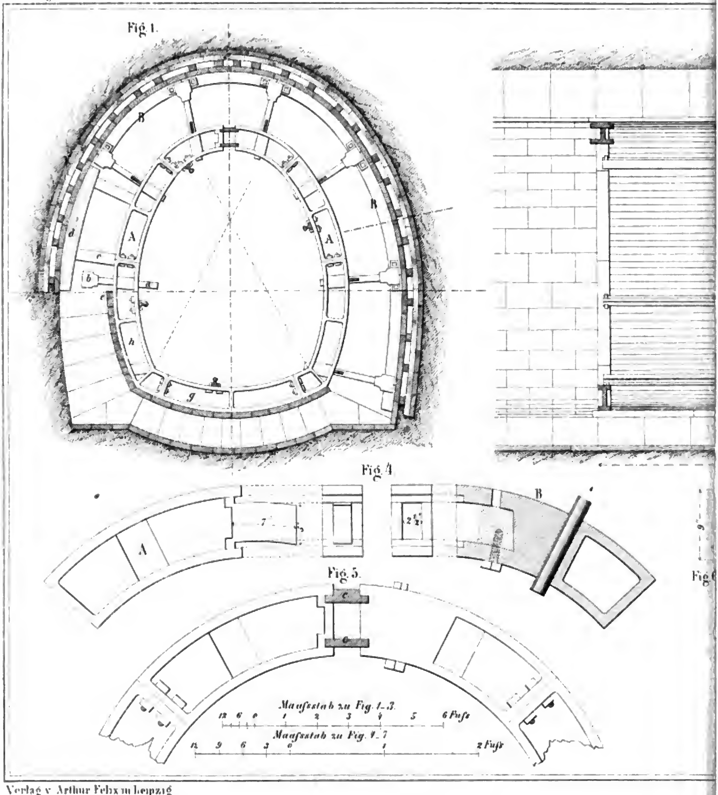
Druck von A. Th. Engelhardt in Leipzig.




Lith. Anst. v. Steinmetz & Bornemann in Meißen.








Verlag v. Arthur Felix in Leipzig